



**Tielaitos**

# **Päällystettyjen teiden pintakunnon luokittelu**

**Tielaitoksen  
selvityksiä**

**36/1992**

Helsinki 1992

**Tiehallitus**  
Tuotannon  
kehittämispalvelut

Tielaitoksen selvityksiä  
36/1992

## **Päällystettyjen teiden pintakunnon luokittelu**

**Tielaitos**  
Tiehallitus, tuotannon kehittämispalvelut

Helsinki 1992

2. painos

ISBN 951-47-6072-7

ISSN 0788-3722

TIEL 3200090

Valtion painatuskeskus

Pasilan VALTIMO

Helsinki 1992

Julkaisua myy:

Tiehallitus, painotuotevarasto

Telefax (90) 1487 2698

**Tielaitos**

Tiehallitus

Opastinsilta 12 A

PL 33

00521 HELSINKI

Puh. vaihde (90) 148 721

## Tiivistelmä

Tielaitoksessa on kehitetty tiestön kunnon mittareita ja mittausmenetelmiä sekä kuntotietojen hyväksikäyttöjärjestelmiä eli ns. PMS-järjestelmiä, joita käytetään teiden ylläpitotoimenpiteiden suunnittelussa ja ajoituksessa. Tulohjaus on myös otettu käyttöön ja tiestön kunto on siinä yhtenä tulosalueena. Viime vuosina on tiestön kuntoa koskevissa tulostavoitteissa painotettu kestopäällysteiden ja varsinkin pääteiden urasyvyysien pienentämistä. Myöhemmin on tulohjaukseen otettu mukaan myös muita pintakuntoa kuvaavia muuttujia esimerkiksi tasaisuus ja vaurioituminen. Eri tiepiirien tulostavoitteet ovat olleet melko kirjava ja keskustelu yleensäkin teiden kunnosta, hyvien ja huonojen teiden määrästä on ollut melko sekavaa, mistä syystä on nähty tarpeelliseksi muodostaa yhtenäinen kuntoluokitus, jonka mukaisena esim. tulostavoitteet voitaisiin myöhemmin määrittää.

Tämän kuntoluokitusprojektin päätavoitteena on ollut muodostaa tärkeimmille päällystettyjen teiden pintakuntoa kuvaaville kuntomuuttujille luokitus ja raja-arvot eli kuntoluokkien kuvaukset ja raja-arvot 100 m:n osuudelta mitatuille osuuksille. Luokituksessa määritetään, miten monta luokkaa tarvitaan kuvaamaan koko kuntoskaalaa ja miten muodostetut luokat voidaan kuvata. Muita tavoitteita on ollut ottaa kantaa siihen, miten eri kuntomuuttujien yhteisvaikutusta voitaisiin arvioida sekä muodostaa ns. toimenpiderajat 1 km:n pituisista osuuksista lasketuille arvoille ts. sellaiset raja-arvot, joilla toimenpiteiden tarvetta ja määrää voitaisiin arvioida.

Työ jakaantui kolmeen eri vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa määritettiin kirjallisuuden yms. kokemusten perusteella kullekin kuntomuuttujalle luokitus ja alustavat raja-arvot. Tasaisuuden ja vauriosumman luokitukset ovat viisiportaisia ja urien kolmiportainen. Keskimääräisissä luokkarajoissa vauriosummien raja-arvot riippuvat myös päällysteryhmästä.

Keskimääräisten luokkarajojen lisäksi määritettiin myös sellaiset luokkarajat, jotka riippuvat joko tien toiminnallisesta luokasta tai tien nopeusrajoituksesta.

Toisessa vaiheessa järjestettiin ns. ajopaneeli, jossa tietty testiryhmä ajoi 50 koetietä läpi ja arvosteli niiden kunnon. Saatujen tulosten perusteella määritettiin mallit kuntoluokkien raja-arvoille.

Lopuksi yhdistettiin alussa muodostetut raja-arvot ja ajopaneelin tuloksista saadut raja-arvot. Näistä tehtiin ehdotukset lopullisiksi raja-arvoiksi. Samalla muodostettiin myös toimenpiderajat yhden kilometrin osuuksille.

Samaan aikaan projektin kanssa on ollut käynnissä ASTO 1987-1992 tutkimusohjelmaan liittyvä PÄÄLLYSTEIDEN KUNNOSTUSKRITERIT - tutkimus, jonka tuloksia on tässäkin hyödynnetty.



## Alkusanat

Päällystettyjen teiden pintakunnon luokittelu -selvityksessä kuvataan ehdotus, jolla yleisten päällystettyjen teiden pintakunto voitaisiin luokitella tärkeimpien kuntomuuttujien perusteella eri kuntoluokkiin. Yhtenäisen kuntoluokituksen tarkoitus on selkiyttää keskustelua päällystettyjen teiden kunnosta ja yhtenäistää tiestön kuntoa koskevien tulostavoitteiden suunnittelua ja raportoimista.

Kuntoluokkia on urille kolme ja tasaisuudelle ja vaurioille kummallekin viisi. Ehdotus sisältää kuntoluokkien sanalliset kuvaukset sekä kullekin kuntomuuttujalle omat raja-arvotaulukot toimenpiteitä varten. Raja-arvotaulukoita on sekä keskimääräisinä että tietyillä tavoilla ryhmitellyille teille. Ryhmittelijöinä on käytetty tien toiminnallista luokitusta (3 tai 4-ryhmäisenä), nopeusrajoituksia sekä päällystetyyppejä.

Selvityksen on valmistellut työryhmä, johon ovat kuuluneet tiehallituksesta dipl.ins. Pertti Virtala ja ins.opp. Kai Matsi, rkm. Matti Typpö Keski-Pohjanmaan tiepiiristä, rkm. Timo Kujala Vaasan tiepiiristä, dipl.ins. Terhi Pellinen VTT:n Tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratoriosta, tekn.tri Eero Lehtipuu Insinööritoimisto E.Lehtipuusta ja fil.maist. Vesa Männistö Viasys Oy:stä.

Työn aikana järjestettiin kaksi ajopaneelia, joissa testiryhmät ajoivat läpi testiosuuksia ja arvostelivat testiosuuksien kuntoa ja arvioivat toimenpidetarvetta. Työryhmän esittämistä alustavista tuloksista pidettiin tammikuussa 1992 seminaari, johon osallistui noin 30 henkilöä. Työryhmän lopullisessa ehdotuksessa on otettu huomioon seminaarista saadut palautteet.

Helsingissä kesäkuun 2. päivänä 1992

Tuotannon kehittämispalvelut

## Sisältö

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO	8
1 YLEISTÄ	9
2 TAVOITE	9
3 TYÖVAIHEET	10
4 PINTAKUNTOA KUVAAVAT KUNTOMUUTTUJAT	11
4.1 Urat	11
4.2 Tasaisuus	13
4.3 Vauriot	14
5 KATSAUS KIRJALLISUUTEEN	15
5.1 Tasaisuus	15
5.2 Vauriot	18
5.3 Urat	18
6 TIEN PINTAKUNNON ARVIOINTITUTKIMUS	19
6.1 Tutkimuksen suoritus	19
6.2 Tulokset	20
7 TIEN PÄÄLLYSTEVAURIOIDEN ARVIOINTITUTKIMUS	22
8 EHDOTUS KESKIMÄÄRÄISIKSI LUOKKARAJOIKSI	23
8.1 Tasaisuusluokitus ja keskimääräiset raja-arvot	23
8.2 Vaurioiden luokitus ja keskimääräiset raja-arvot	24
8.3 Urien luokitus ja keskimääräiset raja-arvot	25
8.4 Esimerkki kuntotavoitteen asettelusta	26
9 TASAISUUDEN JA VAURIOIDEN TIELUOKITTAISET LUOKKARAJAT	30
9.1 Teiden ryhmittelystä	30
9.2 Tasaisuusrajat	30
9.3 Vauriorajat	31
10 TASAISUUDEN JA URIEN LUOKKARAJAT NOPEUSRAJOITUS-ALUEITTAIN	34
10.1 Nopeusrajoitusalueittaiset tasaisuusrajat	34
10.2 Nopeusrajoitusalueittaiset urarajat	34
11 EHDOTUKSET TOIMENPIDERAJOIKSI	34
11.1 Toimenpiderajat tasaisuudelle	34
11.2 Toimenpiderajat vaurioille	35
11.3 Toimenpiderajat urille	35
12 YHTEISVAIKUTUS	36
13 YHTEENVETO	39
LIITTEET	

## Symboli- ja lyhennekuettelo

IRI	International Roughness Index
PMS	Pavement management system
PTM	Palvelutasomittari
RST	Road Surface Tester
URA	100 m:n jakson maksimiurien keskiarvo
VS	Vauriosumma

## 1 YLEISTÄ

Tieverkon kunto on keskeinen osa-alue laitoksen tulostavoitteistossa. Sekä tulostavoitteiden asettaminen ja mittaaminen että keskustelu yleensäkin valtionhallinnon liikennesektorin edustajien kanssa edellyttää, että laitos voi ymmärrettävällä tavalla kuvata tieverkon kuntotilaa nyt ja tulevaisuudessa.

Yhtenäinen kuntoluokitus ja sen mukaiset tulostavoitteet ovat mitä ilmeisimmin olleet puutteena keskusteltaessa tieverkon kunnosta sekä siihen liittyvistä tulostavoitteista ja rahoitustarpeista.

Vuonna 1991 laitoksen tulostavoitteisto on sisältänyt tavoitteita kes-topäällysteteiden urasyvyyksistä ja päällystettyjen teiden kantavuudesta. Viime vuonna tavoitteisto sisälsi pintakuntotavoitteen myös kevytpäällysteteille (kuntoarvo). Tiepiirien omat tulostavoitteet teiden kunnosta ovat olleet melko kirjavia; sekä kuntoa kuvaavat kuntomuuttujat, niissä käytetyt raja-arvot että niistä muokatut tulostavoitteet ovat vaihdelleet melkoisesti mikä on hankaloittanut laitostason tavoitteiden suunnittelua ja raportointia.

Viime vuosina on panostettu entistä enemmän päällystettyjen teiden kuntomittauksiin ja mittaussuoritteet ovatkin kasvaneet monissa piireissä jopa hyvinkin kattaviksi. Tämä mahdollistaa tieverkon kunnon arvioimisen juuri mitattujen kuntotekijöiden perusteella, jolloin keskustelu kunnosta ja rahoitustarpeista voidaan perustaa silmämääräisten arvioiden sijasta tasapuolisesti ja joka paikassa samalla tavalla mitattuun tietoon.

Kuntomittausten kehittämisen aikana pääpaino on ollut itse mittareiden kehittämisessä, hankkimisessa ja mittaamisessa sekä kuntotietojen siirron ja varastoinnin kehittämisessä. Kun kuntotietoa alkaa nyt olla jo melko kattavasti tieverkolta saatavissa, on aika paneutua enemmän tiedon analysointiin ja hyödyntämiseen. Tässä tarkoituksessa on tämän julkaisun mukaisten pintakuntoa kuvaavien kuntomuuttujien luokittelu ja raja-arvojen muodostaminen koettu tärkeäksi.

## 2 TAVOITE

Projektin tavoitteena oli luoda päällystettyjen teiden tärkeimmille pintakuntoa kuvaaville muuttujille luokitus ja sitä vastaavat kuvaukset ja raja-arvot. Luokitus tulisi palvelemaan ensisijaisesti keskustelua tieverkon kunnosta ja sen perusteella tapahtuvaa toiminnansuunnittelua. Projektissa ei puututtu tien pinnan alla olevan rakenteen kuntoon.

Pintakuntoa kuvaavat tärkeimmät kuntomuuttujat ovat tien urasyvyys, tasaisuus ja vauriot, joita mitataan palvelutasomittareilla ja vaurioinventoinnilla. Mittarit tuottavat useita eri tietoja kustakin valitusta kuntomuuttujasta. Urasyvyyydet ja tasaisuus saadaan mittareista suoraan, sen sijaan vaurioita kuvaava vauriosumma tuotetaan laskennallisesti painottamalla eri vauriotyyppejä niiden haittaavuutta kuvaavilla kertoimilla.

Tavoitteen mukaan yllä olevista pintakuntoa kuvaavista kuntomuuttujista halutaan muodostaa yhtenäinen luokitus, jonka avulla voidaan kuvata



tiestön nykytilaa ts. hyvien ja huonokuntoisten teiden määrää ja jota luokitusta käyttäen myös tiestön kuntoa koskevia tavoitteita voidaan asettaa. Luokitusten mukaisia raja-arvoja tarvitaan myös PMS-järjestelmässä.

Toinen tavoite oli ottaa kantaa siihen, miten paljon kukin kuntomuuttuja vaikuttaa tien kokonaiskuntoon eli miten haitallisena kuntotekijä koetaan ja miten eri kuntotekijöiden vaikutus tulisi ottaa huomioon esim. eräänlaista yhteisvaikutusta arvioitaessa.

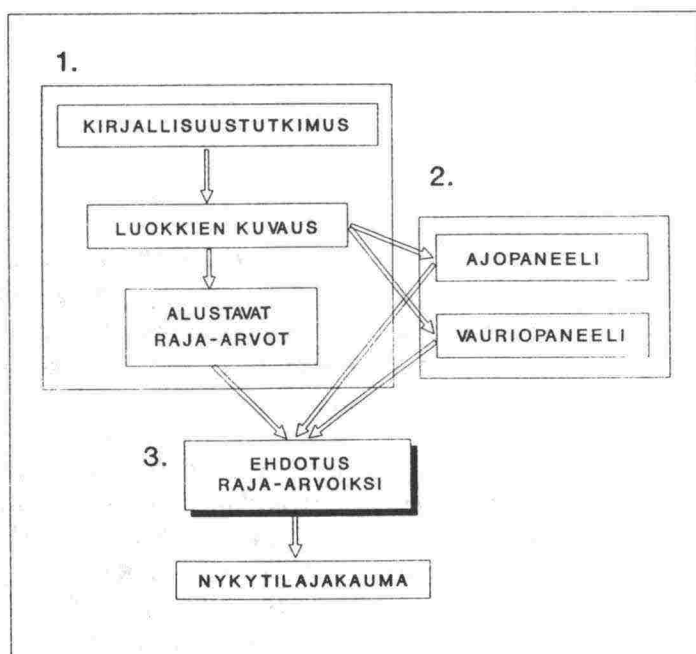
Kolmas tavoite oli muodostaa kullekin kuntotekijälle toimenpiderajat, joiden mukaan päälystys- yms. toimenpidetarvetta voitaisiin arvioida.

### 3 TYÖVAIHEET

Työ jaettiin kolmeen vaiheeseen kuvan 1 mukaan. Ensimmäisessä vaiheessa kehitettiin kirjallisuuden yms. kokemuksen perusteella kullekin kuntomuuttujalle luokitus, sen kuvaus ja alustavat raja-arvot.

Toisessa vaiheessa järjestettiin ns. ajopaneeli, jossa testattiin, miten tietty testiryhmä käytännössä kokee ja arvioi tien pintakuntoa. Koeosuuksien arvioinnissa käytettiin ensimmäisessä vaiheessa tehtyä luokitusta ja sen kuvausta.

Kolmannessa vaiheessa yhdistettiin alustavat raja-arvot ja ajopaneelistä saadut arvot sekä muokattiin lopulliset ehdotukset kuntoluokkien raja-arvoiksi kullekin kuntomuuttujalle erikseen.



Kuva 1. Luokituksen työvaiheet

## 4 PINTAKUNTOA KUVAAVAT KUNTOMUUTTUJAT

### 4.1 Urat

Tien urasyvyys on yksi tärkeimpiä tienkäyttäjän havaitsemia ajomukavuuteen vaikuttavia tekijöitä. Urien on todettu vaikuttavan ajonopeutta ja varsinkin sadekelillä liikenneturvallisuutta alentavasti. Toisaalta kuivalla kelillä syvien urien on todettu alentavan ajonopeuksia ja sitä kautta jopa parantavan liikenneturvallisuutta. Syvät urat keräävät vettä ja sitä kautta nopeuttavat päällysteiden kulumista. Tämä asettaa lisää vaatimuksia ajoneuvoille ja niiden renkaille.

Urasyvyydet mitataan (vuodesta 1989 lähtien) palvelutasomittarilla (PTM). Uramittaus tapahtuu normaalilla ajonopeudella liikkuvasta mitausajoneuvosta sen etupuskuriin kiinnitettyjen 15 ultraäänianturin avulla, joiden tuottamat etäisyystiedot siirretään mikrotietokoneelle, jossa ne "jalostetaan" tarvittavaan muotoon ja talletetaan. Uramittauspalkin, jossa anturit sijaitsevat, leveys säädetään mitattavan kaistan leveyden mukaan.

Urasyvyyteen tarvittavat "näytteet" otetaan tiestä 5 m:n välein ja saaduista tiedoista muodostetaan ensin ura-arvot kullekin 20 m:n osuudelle ja niiden maksimi-arvojen keskiarvona lopulliset urasyvyydet kullekin 100 m:n osuudelle. Tämä 100 m:n keskiarvo on uramittausten perustieto.

Uramittauksen periaate on kuvassa 2 ja itse uran muodostamisen periaate poikkileikkauksessa kuvassa 3.

PTM-mittari tuottaa tien poikittaisesta profiilista myös muita muuttujia, joita ovat mm:

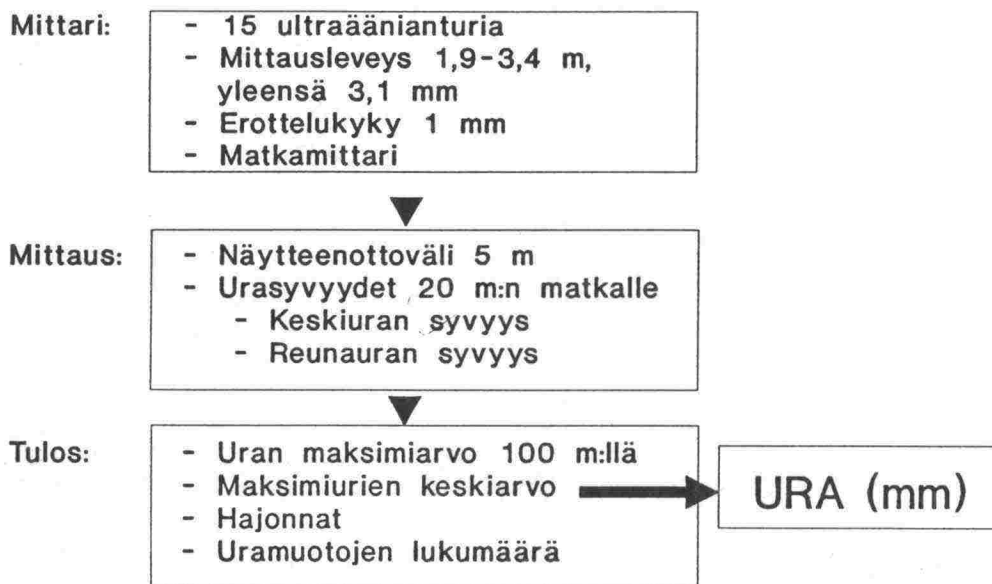
- eri uramuotojen lukumäärä 100 m:llä
- uramuotojen urasyvyyksien keskiarvot ja keskihajonnat
- keski- ja reunaurien keskiarvot ja keskihajonnat
- maksimiura 100 m:n matkalla
- harjanteen korkeuden keskiarvot ja keskihajonnat
- uraisuuden keskiarvo- ja keskihajonta,

joista viimeinen, uraisuus (käytetään myös nimitystä poikittainen epätasaisuus), lasketaan reuna-antureiden välisestä suorasta poikkeamien itseisarvojen keskiarvona. Se kuvaa mm. reunapainumia ja on käyttökelpoinen muuttuja varsinkin kevytpäällysteisillä teillä.

Mitattavista uratiedoista tallennetaan kuntorekisteriin eri uramuotojen lukumäärät, maksimiurasyvyydet, maksimiurasyvyyksien keskiarvo ja uraisuus, joita käytetään mm. PMS-järjestelmissä, mutta tulostavoitteiden kannalta tärkein uria kuvaava tieto on juuri maksimiurien keskiarvo.

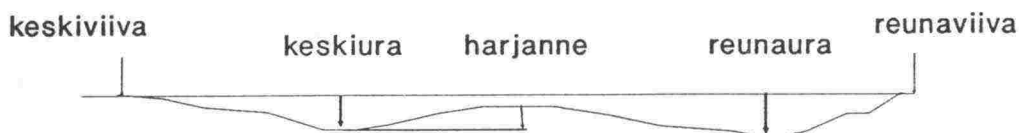


## Urien mittaus

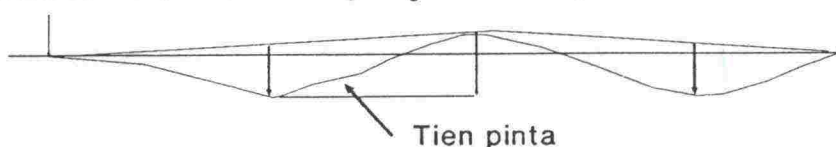


Kuva 2. Palvelutasomittarin uramittauksen keskeiset tiedot.

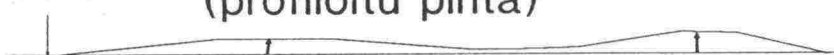
### Uramuoto 1 (keskiharja alhaalla)



### Uramuoto 2 (keskiharja ylhäällä)



### Uramuoto 3 (profiloitu pinta)



Kuva 3. Tien pinnan erilaisesta kulumisesta aiheutuvat erilaiset uramuodot. Uramuoto 2 on käytännössä yleisin.

Koeluontoisten tutkimusten mukaan pistekohtaisen maksimiarvon ja 100 m:n maksimiurien keskiarvon suhde on noin 1,3-1,5. Pistekohtainen

maksimiarvo on mitattu PTM-mittarilla, jossa käytetään enimmäkseen mittaussleveyttä 3,1 m (ja kapeammilla teillä myös 2,6 m). Jos PTM-mittarin uratuloksia verrataan esim. oikolaudalla mitattuihin tuloksiin on aina mainittava, miten pitkällä laudalla mittausta on suoritettu.

Palvelutasomittareiden vertailututkimusten mukaan palvelutasomittareiden toistomittaustulosten välinen korrelaatio on urien osalta hyvä (0,7-0,9). Mittausautojen välillä uratuloksissa ei ole käytännössä merkittävää eroa /2/ ja /9/.

#### 4.2 Tasaisuus

Merkittävimmin välittömästi ajomukavuuteen vaikuttava tekijä on tien pitkittäinen tasaisuus. Epätasaisuus vaikuttaa ajonopeuksia alentavasti, lisää tiellä liikkujien stressiä, lisää ajoneuvon kulumista ja polttoaineen kulutusta sekä vaikuttaa myös tien kulumiseen lisäämällä varsinkin raskaiden ajoneuvojen tierakenteeseen kohdistamaa dynaamista rasitusta.

Tasaisuutta mitataan samalla mittalaitteella kuin uriakin (PTM-mittari).

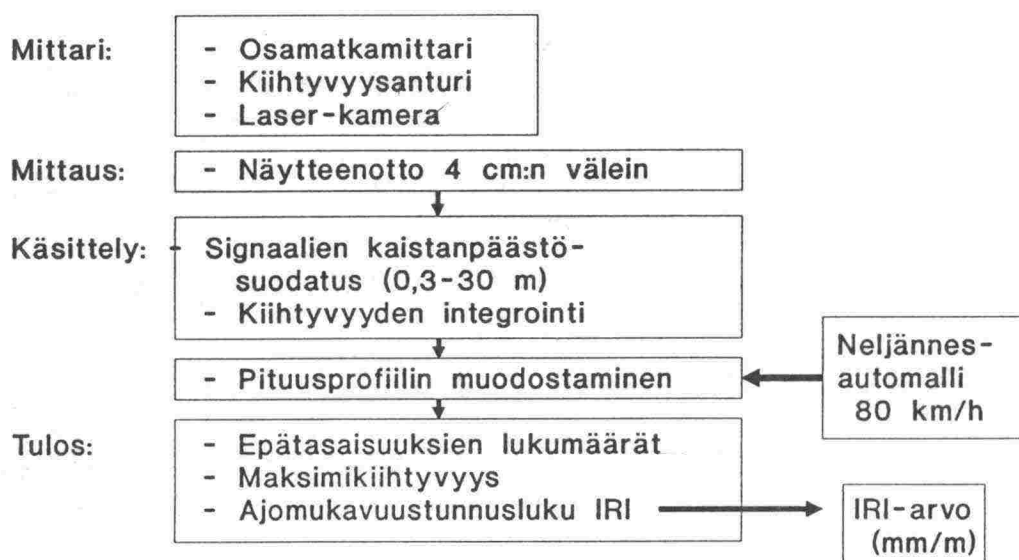
Tasaisuuden mittarina toimii mittausauton etupuskurin oikeassa reunassa oleva laser-kamera, joka mittaa ajoneuvon rungon etäisyyttä tien pinnasta. Etäisyyden "näytteenotto" suoritetaan ajon aikana 4 cm:n välein. Saatu etäisyyssignaali käsitellään ja siirretään autossa olevaan mikrotietokoneeseen, jossa se muokataan tasaisuutta kuvaaviksi tunnusluvuiksi ja talletetaan edelleen siirtoa ja varastointia varten.

Tasaisuuden mittauksessa muodostetaan ensin kuva tien pinnan profiilista. Sen jälkeen saatuun laskennalliseen profiiliin sijoitetaan kulkemaan tietyt massa-, jousi- ja vaimennustekijät omaava standardiajoneuvo (ei siis mittausauto) nopeudella 80 km/h (ei siis sillä nopeudella, jolla mittausauto liikkuu). Tasaisuutta kuvaavat tunnusluvut muodostetaan laskemalla, miten laskennalliseen profiiliin sijoitettu tietty laskennallinen standardiajoneuvo käyttäytyy. Laskennassa käytetyn neljännesautomallin taajuusvastekäyrä eli jousitusominaisuuksien perusteella määräytyvä käyrä on sellainen, että siinä korostuvat auton rungon ja pyörän ominaisvärähtelytaajuutta (1,5 ja 10 Hz) vastaavat aallonpituudet (15 ja 2,2 m) muita aallonpituuksia enemmän. IRI-lukuun otetaan mukaan epätasaisuuden aallonpituudet välillä 0,3-30 m, jotka käytännössäkin ovat tärkeimpiä.

Epätasaisuutta kuvaavia tunnuslukuja saadaan useita, joista tärkein on IRI-arvo, (International Roughness Index), joka on kansainvälisesti hyväksytty ajomukavuutta kuvaava tunnusluku. Se lasketaan standardiajoneuvon rungon heilahdusten summana 100 m:n jaksolle ja sen yksikkönä on mm/m. Saatuun tunnuslukuun ei siis vaikuta mittausauton jousitus- ym ominaisuudet eikä mittaussnopeus. Tien tasaisuus on sitä parempi mitä pienempi IRI-luku on.

Vuonna 1992 tehtyjen palvelutasomittareiden vertailumittausten mukaan tasaisuusmittausten toistettavuus on melko hyvä. Kahden eri mittauksen välinen (logaritmi IRI) korrelaatio on välillä 0,96-0,98. Eri mittausautojen mittaustulosten välinen korrelaatio on myös hyvä /2/ ja /9/.

## Epätasaisuuden mittaaminen



Kuva 4. Palvelutasomittarin tasaisuusmittauksen keskeiset tiedot.

PTM-mittari tuottaa tasaisuudesta myös muita tunnuslukuja, joita ovat:

- heittojen ja painumien luokittelu kiihtyvyyden ja aallonpituuden mukaan kahdeksaan luokkaan (kpl/100m).
- standardiajoneuvon maksimikiihtyvyyssarvo ( $\text{m/s}^2$ ) ja sen sijainti 100 m:n osuudella.

### 4.3 Vauriot

Päällystevaurioista on muodostettu jo useamman vuoden ajan yhdistettyä vauriosummaa  $\text{m}^2/100\text{m}$ , joka muodostetaan painottamalla eri vauriolajien määriä haittakertoimilla ja skaalaamalla saatu vauriosumma vastaamaan 7 m:n tietä.

Vauriolajit ja niiden nykyisin käytössä olevat haittakertoimet ovat:

- Verkkohalkeama	1,0
- Poikkihalkeama	0,4
- Pituushalkeama	0,5
- Keskisaumahalkeama	0,1
- Purkauma	1,0
- Reikä, puhkikuluma	1,0
- Paikat	1,0

Vaurioitunut pinta-ala lasketaan vaurion pituuden ja sen keskileveyden tulona. Viivahalkeamien ja muiden kapeiden vaurioiden leveydeksi oletetaan 1 m. Vauriolajeja ja niiden haittakertoimia on käsitelty myös lähteessä /1/, jossa eräät vauriolajit ja niiden haittakertoimet on esitetty tarkemmin. Paikat on jaettu siinä kolmeen ryhmään; pienet paikat ( $< 1\text{m}^2$ ), isot paikat ( $2\text{--}20\text{m}^2$ ) ja urapaikat, joiden haittakertoimiksi on esitetty 1.0, 0.5 ja 0.1. Reikien ja puhkikulumien haittakertoimeksi on esitetty myös nykykäytännöstä poikkeavaa lukua 2.0.

Päällystevaurioiden inventointi tehdään ns. hidasmittauksena (5-10 km/h). Inventointi tehdään joko lomakkeille tai suoraan digitointilavyn avulla mikrotietokoneeseen. Vaurioarvioinnin luonteesta johtuen siitä saatavan vauriosumman "mittaustarkkuus" (toistettavuus ja eri mittausryhmien tulosten välinen korrelaatio) on selvästi huonompi kuin urien ja tasaisuuden mittauksessa.

## 5 KATSAUS KIRJALLISUUTEEN

Tutkittavasta aiheesta on olemassa runsaasti kirjallisuuslähteitä. Samaan aikaan tämän tutkimuksen kanssa oli käynnissä ASTO 1987-92 tutkimusohjelmaan liittyvä tutkimus PÄÄLLYSTEIDEN KUNNOSTUSKRITERIT, Eero Lehtipuu, Espoo huhtikuu 1992, jonka tekijä on ollut jäsenenä myös tässä projektissa. Em. tutkimuksessa on käyty kirjallisuuslähteitä laajemmin läpi ja sen tuloksia on käytetty myös tässä tutkimuksessa. Muita lähteitä ovat mm. VTT:n tasaisuutta koskevat tutkimukset, tielaitoksessa Hämeen piirin tasaisuusrajoja koskeva tutkimus, Ruotsin normit tasaisuudelle ja urasyvyyksille sekä Maailmanpankin tasaisuusluokitusta koskevat normit.

### 5.1 Tasaisuus

Tasaisuusluokituksia on laadittu mm. tielaitoksen Hämeen piirin tasaisuusrajoja koskevassa tutkimuksessa sekä Maailmanpankin esittämässä tasaisuusluokituksessa. Kirjallisuudesta voidaan todeta, että tasaisuuden mittausvälineet ja vaatimukset ovat melko kirjavat, mistä syystä IRI-arvoja käsittelevän kirjallisuusmateriaalin määrä on melko pieni /1/.

Tasaisuusnormit on yleensä tehty koskemaan vanhaa tasaisuutta koskevaa tunnuslukua, epätasaisuuslukua (cm/km), joka mitataan eri tavalla kuin IRI-tunnusluku.



**Maailmanpankin tasaisuusluokitus** käsittää viisiluokkaisen luokituksen, jossa IRI arvot vaihtelevat välillä 0-12,0. Luokkien kuvauksissa on kuvattu paitsi ajomukavuutta myös ajonopeusalue, joka sopii ko. tasaisuusvälille. Luokitusasteikko ja kuvaukset on esitetty liitteessä 1 ja likimääräiset raja-arvot taulukossa 1. Asteikosta voidaan kuitenkin todeta, että se on Suomen oloihin liian lievä, koska Maailmanpankki operoi pääasiassa kehitysmaissa, joissa vaatimukset ovat yleensäkin lievemmat.

Taulukko 1. Maailmanpankin ehdottamat tasaisuusluokat ja luokkarajat.

Arvosana	IRI (mm/m) Alaraja	Yläraja
Erittäin hyvä	1,4	2,3
Hyvä	4,0	5,3
Tyydyttävä	7,0	8,0
Huono	9,0	10,0
Erittäin huono	11,0	12,0

**Ruotsin uusi ohjeisto vuodelta 1990** sisältää yksityiskohtaiset vaatimukset eri luokaisten teiden tasaisuudelle sekä 400 m:n että 20 m:n IRI-arvoilla mitattuna. Tiestö jaetaan seitsemään standardiluokkaan (A, B, C, D, E, F1 ja F2) tien liikennemäärän ja toiminnallisen luokan perusteella ja kullekin standardiluokalle määritetään sekä tavoitejakauma että maksimi-arvot. Esimerkiksi pääteillä (A) saa 400 m:n IRI-arvo olla enintään 2,5 mm/m ja 20 m:n arvo vastaavasti 4,0 mm/m. Alimmassa tieluokassa (F2) vastaavat maksimi-arvot ovat 6,5 ja 9,0 mm/m./1/ ja /8/.

Taulukko 2. Ruotsin tasaisuusnormien mukaiset maksimi-arvot /8/.

Tieluokka	Tasaisuuden maksimi-arvot ja standardiluokkien IRI liikennemääräalueet			
	(400 m) (20 m)		Päätiet	Muut tiet
A/B	2,5	4,0	>4000	>4000
C	3,5	5,0	1000-3999	-
D	4,0	5,5	-	1000-3999
E	4,5	6,5	0-999	-
F1	5,0	7,0	-	0-999
F2 70 km/h	6,5	9,0	-	0-999

Kun verrataan Suomen tasaisuusarvoja Ruotsin tasaisuusarvoihin on muistettava, että Suomen 100 m:n tasaisuustunnusluku ei ole suoraan verrattavissa Ruotsin tunnuslukuihin. 100 m:n pituudelta mitattu tasaisuustunnusluku sijoittuu jonnekin 400 m:n ja 20 m:n tunnuslukujen väliin, mutta niiden tarkkaa riippuvuutta ei ole erikseen selvitetty.

Ruotsin läänien tieverkolle annetaan tavoitteet prosenttijakaumina (P10, P50, P75, P90 ja P98) maksimi- ja minimiarvoineen, jolloin esim. tiettyjen teiden jakauman P90-prosenttiluku tulee sijoittua tietylle tasaisuusvälille (2,4-3,1 mm/m) (Liite 2).

Suomessa on mitattu teiden tasaisuuksia VTT:n yhteenlaskevalla sysäysmittarilla ja myöhemmällä laser-tasaisuusmittarilla jo 1960-luvulta lähtien. Sekä yhteenlaskevan sysäysmittarin että laser-tasaisuusmittarin muodostamat epätasaisuuden tunnusluvut poikkeavat IRI:stä. Yhteenlaskeva sysäysmittari kerää tasaisuustietoa jatkuvasti ja mittaustulokseen vaikuttaa mittaussnopeus. Laser-tasaisuusmittari kerää tietoa samaan tapaan kuin PTM-laite, mutta pienemmällä ajonopeudella.

Vuonna 1991 tehdyssä Laser- ja IRI-arvojen kalibrointitutkimuksessa on määritetty vanhan ja uuden epätasaisuustunnusluvun välistä suhdetta ja annettu maksimi-arvot myös uudelle tasaisuustunnusluvulle (IRI). Rakennetuille ja parannetuille teille on määritetty kahdet raja-arvot; uuden päällysteen epätasaisuuden suurimmat sallitut maksimi-arvot ja tavoitearvot. Maksimi-arvot on määritetty kullekin toiminnalliselle luokalle (lisättyä moottoriteillä) erikseen. Vaikka tunnuslukujen laskentaperiaatteet eroavatkin toisistaan, on niiden välille saatu hyvä korrelaatio. Tutkimuksessa saadut epätasaisuuksien maksimi-arvot ovat liitteessä 3. Suurimmat sallitut IRI-arvot ovat sen mukaan tieluokasta riippuen 2,0, 2,5, 3,2, 3,7 ja 3,9 mm/m todennäköisyydellä  $p=0,25$ . Kalibrointitutkimuksessa on esitetty myös suurimpien sallittujen yksittäisepätasaisuuksien määrät /1/ ja /5/.

Taulukko 3. Laser- ja PTM-mittareilla mitattujen epätasaisuuksien maksimi-arvot tieluokittain.

Tieluokka	Nopeus- rajoitus	Suurimmat sallitut uuden päällysteen maksimi-arvot	
		Laser-mittari (cm/km)	PTM-mittari IRI (mm/m)
Moottoritiet	120	125	2,0
Päätiet	100	170	2,5
Seud.tiet	80	230	3,2
Kokoojatiet	70	280	3,7
Yhdystiet	60	300	3,9

Tielaitoksen Hämeen piirin tasaisuusrajoja koskevassa tutkimuksessa on määritetty tasaisuusrajat käyttäen viisiportaista asteikkoa. Tiet on jaettu neljään luokkaan (moottoritiet, päätiet, seudulliset tiet ja muut tiet). Kyseinen tutkimus oli tasaisuuden osalta lähinnä sitä tavoitetta, jota tämän tutkimuksen avulla haettiin eli vanhojen päällysteiden kuntoarviota. Luokitus ja sitä vastavat tasaisuuden raja-arvot ovat liitteessä 4.

Taulukko 4. Hämeen piirin tasaisuusluokitus ja -rajat /7/.

Tieluokka	Arvosana (5=hyvä, 1=huono)				
	5	4	3	2	1
Moottoritiet	<1,2	1,2-1,5	1,6-2,0	2,1-3,0	>3,0
Päätiet	<1,4	1,4-1,8	1,9-2,4	2,5-3,5	>3,5
Seud.tiet	<1,8	1,8-2,4	2,5-3,2	3,3-4,5	>4,5
Muut tiet	<2,2	2,2-2,8	2,9-3,8	3,9-5,5	>5,5



## 5.2 Vauriot

Vaurioluokitukseen, siinä muodossa kun se Suomessa lasketaan (vauriosumma) on olemassa kirjallisuutta melko niukasti. Monissa maissa on asetettu enimmäisarvot päällystevaurioiden eri vauriotyypeille kuten verkkohalkeamille ja yksittäisille purkaumille ja rei'ille. Tyypillinen verkkohalkeamien enimmäismäärä on 30 % raiteen tai koko ajoradan pinta-alasta. Useissa maissa edellytetään yksittäisvauriot korjattavan välittömästi, ottamatta kantaa niiden sallittuun yhteismäärään./1/.

Kirjallisuudesta ei tässä yhteydessä saatu uutta informaatiota vaurioluokitukseen.

Pohjatietona vaurioluokitusta varten voitaneen pitää piirien toimenpiderajoja sellaisista päällystyskohteista, joiden perusteena on ollut päällysteen vaurioituminen. Sen mukaan toimenpiderajat ovat olleet pääteillä keskimäärin tasolla 50, seudullisilla teillä tasolla 50-70, kokoojateillä 50-100 ja yhdysteillä 90-210. Vaihtelualueet ovat kuitenkin suuret johtuen mm. siitä, että muut kuntotekijät ovat vaikuttaneet toimenpiteen ajoittamiseen.

Taulukko 5. Eräissä piireissä toteutuneiden päällystyskohteiden vauriosummat /1/.  
Vauriosumman keskiarvot (ja vaihtelualueet) m<sup>2</sup> vuonna 1991.

Tieluokka	Uusimaa	Turku	Vaasa Ab-tiet	Vaasa Ös-tiet
Pääties	-	-	54 (36-58)	-
Seud.tiet	55 (53-64)	116 (88-178)	84 (41-191)	69 (28-223)
Kokoojatiet	70 (50-165)	-	-	99 (34-141)
Yhdystiet	89 (66-112)	165 (136-203)	-	214 (83-419)

## 5.3 Urat

Urasyvyyksien luokittelua ei ole myöskään kovin paljon kirjallisuudessa käsitelty. Yleensä on asetettu ns. kriittisiä urasyvyysarvoja, jotka vaihtelevat maasta riippuen 10..25 mm:iin ja 20 mm tuntuu olevan yleisin urasyvyyden kriittinen arvo. Ohjearvot tarkoittavat kuitenkin sellaista urasyvyyttä, joka on mitattu verrattain lyhyttä oikolautaa (1,2-2 m) käyttäen. Toisaalta eri maiden ohjearvoja vertailtaessa on myös muistettava erot mittauslaitteissa ja -menetelmissä.

Muita maita yksityiskohtaisemmat ohjearvot on annettu Ruotsin ohjeistossa. Urasyvyyksille annetaan kussakin tieluokassa kaksi enimmäisarvoa; toimenpiderajat ja ns. kelpoisuusrajat. 400 m:n matkalta mitattu arvo saa olla enintään 17-25 mm ja 20 m:n matkalta mitattu enintään 20-35 mm:iin. "Kelpoisuusrajat" ovat noin puolet toimenpiderajoista. Kelpoisuusrajan ylittävät tiet eivät ole hyväksyttäviä, mutta eivät kuitenkaan välttämättä vielä vaadi toimenpiteitä. Niitä käytetään eräänlaiseen toimenpiteiden ennakointiin.

Taulukko 6. Ruotsin normien mukaiset suurimmat sallitut urasyvyydet /8/.

Tieluokka	Suurimmat sallitut urasyvyydet (mm)	
	Laskentapituus (400 m)	(20 m)
A/B/C/D	17	20
E1/E2	20	25
F1	20	28
F2	25	35

Kunkin läänin tieverkolle annetaan tasaisuuden tapaan 20 m:n urasyvyyksien tavoitteelliset prosenttijakaumat, jotka ovat tieluokasta riippuvia /8/.

Suomessa käytettävän PTM-laitteen ja Ruotsissa käytettävän RST-laitteen tuottamien ura-arvojen vertailumittaukset vuonna 1990 osoittivat, että Ruotsissa käytetty RST-mittari antoi hiukan suurempia urasyvyyksiä kuin Turun piirin palvelutasomittari. Eräs erojen syy on, että RST-mittari ei ota huomioon negatiivisia ura-arvoja (urakorotukset) /3/. Toisaalta suomalaisen palvelutasomittareiden vertailu osoitti, että tuolloin muut mittarit antoivat suurempia ura-arvoja kuin Turun piirin mittari (joka ero on myöhemmin kuitenkin korjattu). Sen takia Ruotsin ohjearvot taulukossa 5 olisivatkin vertailukelpoisia Suomessa mitattaviin arvoihin, jos laskentapituudet olisivat samat.

## 6 TIEN PINTAKUNNON ARVIOINTITUTKIMUS

### 6.1 Tutkimuksen suoritus

Varsinainen alustavien luokkarajojen tason tarkistus tehtiin ns. ajopaneelin avulla, joka on rapotoitu tarkemmin omassa työraportissaan "Kuntotototietojen luokitusprojekti, Ajopaneelin 8.10.1991 suoritus ja tulokset". Ajopaneelia varten muodostettiin reitti, jonka paneeliin osallistujat ajoivat läpi ja arvostelivat annettujen ohjeiden mukaan. Osallistujat arvioivat kunkin testiosuuden tasaisuuden ja vaurioiden osalta viiteen ja urien osalta kolmeen luokkaan. Lähtötietoina oli testiosuuksien osoitteisto ja kuntoluokitus ja luokkien sanalliset kuvaukset, joista oli poistettu toimenpidetarvetta osoittava teksti.

Koetiereitti sijaitsi Uudenmaan läänissä ja siinä oli 50 kpl 1 km:n pituista osuutta yhteispituudeltaan noin 230 km:n matkalla, jolloin koeosuuksien väliksi jäi 3-4 km. Koetiereitiltä mitattiin tasaisuus, vauriot ja urat.

Paneeliin osallistujia oli yhteensä 24 henkilöä tielaitoksen, VTT:n ja kahden konsulttitoimiston henkilöstöstä.

Koetieosuudet pyrittiin valitsemaan siten, että siinä olisi tasaisesti sekä hyvä- että huonokuntoisia teitä. Tutkimusajankohdan takia ei kuitenkaan kaikkii kuntoluokkiin saatu toivottavaa kattavuutta. Mm. uraisten teiden osuus jäi vähäiseksi, mikä osaltaan heikensi tulosten käytettävyyttä.



## 6.2 Tulokset

Ajopaneelin tulokset käsiteltiin tilastollisesti regressio-analyysillä, jossa tien todellisella kunnolla ennustetaan koehenkilön arviota kuntoluokasta. Todellista kuntoa kuvaa palvelutasomittarin antama mittaustulos tai inventoinnin tulos, joita koehenkilöt luonnollisestikaan eivät tunteneet.

Selitettävä muuttuja on ns. kategorinen järjestysmuuttuja. Tarkastelun kohteena on yksittäisten kuntoarvioiden sijasta kunkin vastausvaihtoehdon suhteellinen osuus  $p(i)$ ,  $i = 1, 2, 3, 4, 5$ , joita käytettiin lopullisissa malleissa kumulatiivisina osuuksina.

Tarkkojen mittaustulosten ja kumulatiivisten osuuksien välinen riippuvuus on epälineaarista. Regressiosuoran sijasta aineistoon sopii paremmin S-muotoinen käyrä, jonka muodostamista on selitetty yksityiskohtaisemmin ajopaneelia ja sen tuloksia esittelevässä työraportissa (kuva5) /4/.

Tutkittavan koetieverkon kuntojakauma ja kuntoarviotulokset ovat taulukkojen 7-9 mukaiset.

Taulukko 7. Koeteiden kunnon tunnuslukuja /6/. Kilometrin keskiarvoja.

Tunnusluku	Kuntomuuttuja		
	IRI (mm/m)	Ura (mm)	VS (m <sup>2</sup> )
Keskiarvo	2,9	4,4	41,5
Hajonta	1,4	3,3	42,8
Minimiarvo	1,0	-0,5	4,0
Maksimiarvo	5,9	12,5	260,0

Taulukko 8. Kuntoluokka-arvioiden jakaumat (%) /6/.

Luokka	Kuntomuuttuja		
	IRI (mm/m)	URA (mm)	VS (m <sup>2</sup> )
Erittäin hyvä	17,8		19,6
Hyvä	34,4	59,9	35,7
Tyydyttävä	25,3	33,7	23,3
Huono	15,9	6,4	18,2
Erittäin huono	6,6		3,2

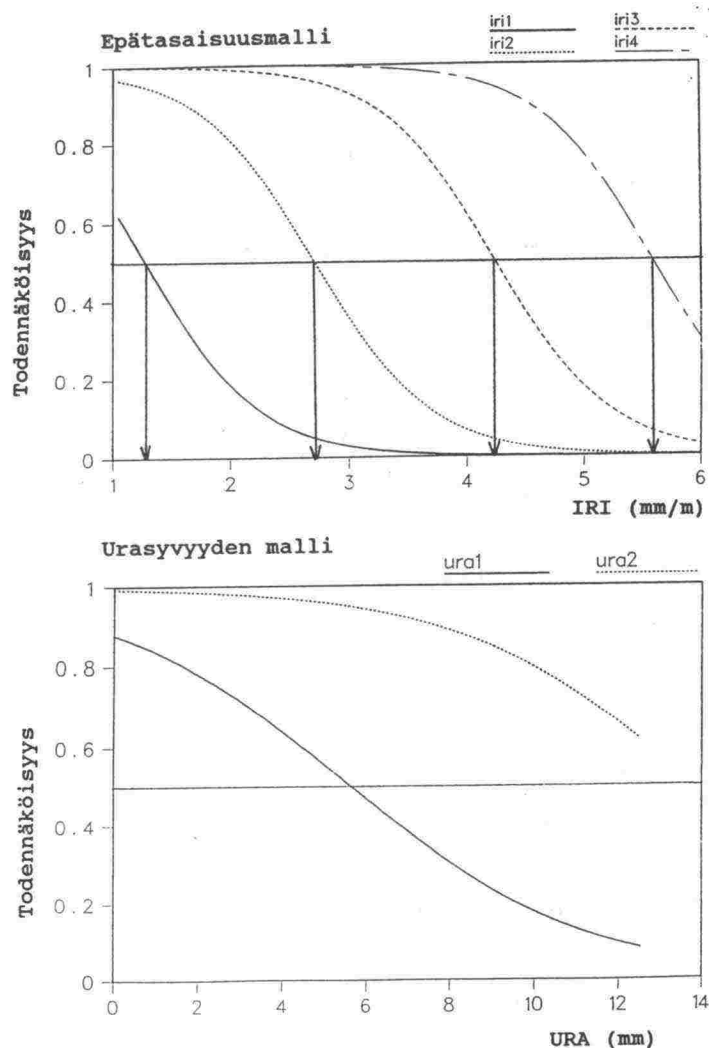
Taulukko 9. Mallien mukaiset luokkarajat tasaisuudelle ja urasyvyydelle /6/.

Luokka	Kuntomuuttujien luokkarajat		
	IRI (mm/m)	URA (mm)	VS (m <sup>2</sup> )
Erittäin hyvä	< 1,3		-
Hyvä	1,3-2,7	< 5,6	-
Tyydyttävä	2,7-4,2	5,6-13,8	-
Huono	4,2-5,6	> 13,8	-
Erittäin huono	> 5,6		-

Tasaisuusmalli on luokitusehdotuksen mukaan viisiluokkainen ja uramalli kolmiluokkainen.

Mallin hyvyttä arvioitaessa epätasaisuusmalli antoi saman luokituksen kuin vastaajan arvio noin 85 %:ssa tapauksia. Tasaisuusluokitusta kuvaava malli sopii siis erittäin hyvin. Urasyvyyden malli antoi saman luokituksen kuin vastaajan arvio noin 74 %:ssa tapauksia, joten malli on kohtalainen, mutta kuitenkin hiukan huonompi kuin epätasaisuusmalli. Uraluokituksen tulosten luotettavuutta heikensi erittäin uraisten teiden puuttuminen testiosuuksilta. Luokkarajojen taso sijoittui uraisten teiden puuttumisen takia matalalle.

Tasaisuuden luokkarajoja pyrittiin selittämään päällystetyypin ja tieluokan mukaan, mutta niiden suhteen selittäviä muuttujia ei löytynyt. Lisäksi tutkittiin kuljettaja-matkustaja -asetelman vaikutusta tuloksiin. Niiden suhteen luokkarajojen tasoero oli niin pieni, ettei sen katsota juuri vaikuttavan luokitukseen.



Kuva 5. Epätasaisuus- ja uraluokkien mallifunktiot /6/.

Ajopaneeli ei antanut vauriosummille riittävän selviä luokkarajoja, mikä johtuu osittain siitä, että tienkäyttäjä ei koe tien vaurioita siinä määrin ajomukavuutta häiritsevinä kuin urat ja epätasaisuuden. Vauriosummien luokitusta varten järjestettiin toinen paneeli, jossa tutkittiin tien toimenpidetarvetta ainoastaan vaourioiden perusteella. Tästä tutkimuksesta saadaan arvio vauriosummien toimenpiderajoille. Varsinainen viisiportainen luokitus perustuu kuitenkin teoreettiseen arviointiin.

## 7 TIEN PÄÄLLYSTEVAURIOIDEN ARVIOINTITUTKIMUS

Tien päällystevaurioiden arviointitutkimuksen eli vauriopaneelin tarkoituksena oli tutkia tiettyä koetieverkkoa tarkemmin sen vaurioiden perusteella. Koeteiksi valittiin 24 200 m:n osuutta, joilta oli arvioitu vauriosummat samana vuonna. Koeosuuksien vauriosummat vaihtelivat välillä 15..250 m<sup>2</sup>.

Vauriopaneeliin osallistui 8 henkilöä, jotka arvioivat kunkin koeosuuden toimenpidetarpeen ajettuaan sen ensin hitaasti läpi 1-2 kertaan.

Vauriopaneelin toimenpiteet luokiteltiin toimenpidetasoiksi ja tulokset analysoitiin samalla tilastollisella menetelmällä kuin varsinaisen ajopaneelin tulokset. Mallin perusteella saadut toimenpidetasojen vauriosummarajat ovat taulukossa 10. Toimenpidetarvetta arvioitaessa ei otettu huomioon tien toiminnallista luokkaa tai muuta standardia. Mallin hyvyttä arvioitaessa toimenpidemalli antoi saman luokituksen vastaajan arvion kanssa noin 70 %:ssa tapauksista /6/.

Taulukko 10. Eri toimenpidetasoja edellyttävät toimenpiderajat /6/.

Toimenpide	Mallin mukainen vauriosumma (m <sup>2</sup> ).	
	Koodaus 1	Koodaus 2
Paikkaus	30	22
Pintaus	67	64
Päälystäminen	92	92
Rakent.par.	116	113

Mallin mukaan ensimmäisten toimenpiteiden tarve (paikkaukset) tulee ajankohtaiseksi, kun tien vauriosumma saavuttaa tason 22-30 m<sup>2</sup>. Vauriosumman kasvaessa noin 65 m<sup>2</sup>:n tasolle olisi paras toimenpide pintaus. Päälystämisen vauriosummaraja nousee yli 90 m<sup>2</sup>:n ja rankempia rakenteen parantamistoimenpiteitä tarvitaan kun vauriosumma on yli 110 m<sup>2</sup>. Yhteenvetona tuloksista voidaan todeta, että keskimäärin paikkaus-toimenpiteitä tarvitaan vauriosumman ollessa 30 m<sup>2</sup> ja päälystystoimenpiteitä vauriosumman ollessa yli 65 m<sup>2</sup>. Esim. tieverkon tavoitteellista vauriojakamaa asetettaessa on tien standardi otettava huomioon asettamalla eri luokkaisille teille erilaiset vauriosummarajat.



## 8 EHDOTUS KESKIMÄÄRÄISIKSI LUOKKARAJOIKSI

### 8.1 Tasaisuusluokitus ja keskimääräiset raja-arvot

Työryhmä on päättänyt ehdottamaan keskimääräisiksi luokkarajoiksi taulukon 13 mukaisia rajoja. Tasaisuuden keskimääräiset luokkarajat on otettu suoraan ajopaneelin tuloksista. Taulukon tulokset koskevat 100 m:n pituudelle laskettuja IRI-arvoja.

Tie on luokiteltu sen mukaan erittäin tasaiseksi kun sen IRI-arvo on 0-1,3 mm/m. Ajamista erittäin tasaisella tiellä luonnehditaan miellyttäväksi ja yleistuntumaltaan tietä pidetään tasaisena.

Tasaisuudeltaan hyvänä pidetään tietä, jonka IRI-arvo on välillä 1,4-2,6 mm/m ja se on pääasiassa tasainen lukuunottamatta loivia ja satunnaisia yksittäisiä epätasaisuuksia, jotka eivät kuitenkaan häiritse ajamista.

Tyydyttävän tien IRI-arvo on välillä 2,7-4,1, ja siinä havaitaan jo jonkin verran enemmän epätasaisuuksia, lähinnä satunnaisia lieviä yksittäisiä heittoja, joihin ajaja joutuu kiinnittämään huomiota. Ajonopeus voidaan tyydyttävän tasaisella tiellä kuitenkin useimmiten pitää lähellä sallittua maksiminopeutta.

Tasaisuudeltaan huonoksi luokitellaan tie, jonka IRI-arvo on välillä 4,2-5,5 mm/m. Tie on selvästi epätasainen ja sillä on runsaasti lieviä yksittäisheittoja ja satunnaisesti myös suuria heittoja. Epätasaisuus vaikuttaa varsinkin raskaiden ajoneuvojen ajonopeuksiin ja ajolinjoihin. Ajomukavuustuntuma on selvästi epämiellyttävä.

Erittäin epätasaisen tien IRI-arvo on 5,6 mm/m tai suurempi. Se on selvästi epätasainen ja siinä on runsaasti yksittäisiä heittoja. Matkustaminen tuntuu selvästi epämiellyttävältä ja yksittäisiä heittoja on väisteltävä. Epätasaisuus vaikuttaa paljon ajonopeuksiin ja kiertotien käyttö on todennäköistä sen pituudesta riippuen.

Kuvassa 6 on esitetty päällystetyn tieverkon jakaantuminen tasaisuusluokkiin ehdotettujen keskimääräisten luokkarajojen mukaan. Ylemmässä kuvassa on sekä kestopäällysteteiden (Ab-tiet) että kevytpäällysteteiden (Ös-tiet) tasaisuusluokkajakauma vuosina 1990 ja 1991 ja alemmassa vastaava prosentuaalinen jakauma. Jakaumat on tehty vain mitatusta pituudesta. Mitattuja teitä oli vuonna 1990 noin 19.000 km ja vuonna 1991 31.000 km. Mitattu pituus tarkoittaa tässä yhteydessä sitä tiepituutta, josta kunnostus- ja parantamistoimenpiteiden vaikutus on vähennetty pois.

Kestopäällysteverkosta on sen mukaan hiukan yli 20 % tasaisuusluokassa erittäin hyvä. Suurin osuus mainituista teistä on kuitenkin tasaisuusluokassa hyvä. Tasaisuudeltaan tyydyttävän kuntoisia on noin 15 % ja sitä huonompia (huono + erittäin huono) noin 3 %.

Kevytpäällysteisellä tieverkolla vastaavat jakaumat ovat erilaiset. Erittäin hyvien teiden määrä on pieni sen sijaan hyvien määrä on noin 55 %.



Tyydyttävän kuntoisia on hiukan yli 30 % ja sitä huonompia (huono + erittäin huono) hiukan alle 14 %.

## 8.2 Vaurioiden luokitus ja keskimääräiset raja-arvot

Työryhmän ehdotus vaurioiden keskimääräisiksi luokkarajoiksi on taulukossa 12. Kesto- ja kevytpäällysteille on omat vauriosummarajat. Vauriosummat koskevat 100 m:n pituuksille laskettuja arvoja.

Erittäin hyväksi luokitellaan sellaiset tiet, joilla vauriosumma on kestopäällysteillä 0-5 ja kevytpäällysteillä 0-8 m<sup>2</sup>. Yleiskuvaus tällaisesta tiestä on, että vaurioita ei juuri ole kapeita ja pieniä viivahalkeamia lukuunottamatta. Toimenpidetarvetta ei luonnollisestikaan ole.

Vaurioiltaan hyväksi tieksi luokitellaan sellaiset tiet, joiden vauriosumma on kestopäällysteillä välillä 6-20 m<sup>2</sup> ja kevytpäällysteillä välillä 9-30 m<sup>2</sup>. Tiellä olevat vauriot ovat pääasiassa pieniä viivahalkeamia tai verkkohalkeamia. Toimenpiteenä kuvatulle tielle suositellaan leveimpien viivahalkeamien saumausta.

Tyydyttävän kuntoisen tien vauriosumma on kestopäällysteillä välillä 21-40 m<sup>2</sup> ja kevytpäällysteillä 31-60 m<sup>2</sup>. Vauriotyypit ovat pääasiassa viivahalkeamia, mutta alemman luokan teillä myös varkkohalkeamia, purkaumia tai raunapainumaa. Tässä vaurioluokassa suurimpia vaurioita on jo syytä korjata.

Huonoksi luokiteltavan tien vauriosumma on kestopäällysteellä välillä 41-80 m<sup>2</sup> ja kevytpäällysteellä välillä 61-120 m<sup>2</sup>. Halkeamat ovat jo leveämpiä ja pitempiä. Myös verkkohalkeamia ja reunapainumaa esiintyy. Vauriot vaikuttavat selvästi ajolinjojen valintaan. Päällysteen uusiminen on ajankohtaista melko pian (1-2 v).

Erittäin huonoksi tieksi luokitellaan sellaiset tiet, joiden vauriosummat ylittävät edellä esitetyt rajat ja joilla on runsaasti varkkohalkeamia, purkaumia ja reikiä sekä huonokuntoisia paikkoja tai reunapainumia. Vaurioita on niin paljon, että ne vaikeuttavat jo selvästi varsinkin raskaan liikenteen kulkua. Yksittäisten vaurioiden korjaaminen ei yleensä kannata, vaan koko päällyste tai jopa koko rakenne on uusittava.

Kuvassa 7. on esitetty tiepituuden jakaantuminen vaurioluokkiin ehdotettujen keskimääräisten vaurioluokkarajojen mukaan. Ylemmässä kuvassa on tiepituudet ja alemmassa prosentit. Vuonna 1990 mitattuja teitä on noin 20.000 km ja 1991 mitattuja hiukan yli 20.000 km.

Kestopäällysteverkosta noin 50 % on luokassa erittäin hyvä ja noin 30 % luokassa hyvä. Tyydyttävän kuntoisia on noin 10 % ja sitä huonompia yhteensä 10 %.

Kevytpäällysteverkosta noin 35 % on vaurioluokassa erittäin hyvä ja 25 % luokassa hyvä. Tyydyttävän kuntoisia on 15 % ja sitä huonompia noin 25 %.

### 8.3 Urien luokitus ja keskimääräiset raja-arvot

Urien luokitus on kolmiportainen sisältäen luokat hyvä, tyydyttävä ja huono. Keskimääräiset raja-arvot on laadittu tilanteeseen, jossa nopeusrajoitus on 80 km/h ja liikennemäärä on alle 9000 ajon/vrk ja sivukaltevuus on riittävä. Taulukon 13 mukaisesti hyvän tien 100 m:n matkalta mitattu urasyvyys on enintään 17 mm. Raja-arvoa pienemmät urasyvyydet eivät vaikuta sanottavasti ajamiseen.

Tyydyttävän kuntoisen tien urasyvyydet ovat välillä 18-24 mm ja urat ovat jo havaittavissa. Ne vaikuttavat selvästi ajamiseen varsinkin sadekelillä. Toimenpiteisiin tulisi varautua 1-3 vuoden kuluessa.

Huonokuntoisen tien urasyvyys ylittää 24 mm ja urat vaikuttavat selvästi ajonopeuksiin ja ajolinjojen valintaan sekä aiheuttavat sadekelillä vesiliirron vaaran. Toimenpiteitä tarvitaan välittömästi.

### 8.4 Esimerkki kuntotavoitteen asettelusta luokitusta käyttäen

Taulukossa 14 on esitetty esimerkinomaisesti, miten kuntotavoitteita voitaisiin asettaa esitettyä kuntoluokitusta käyttäen. Kesto- ja kevytpäällystetiestö on ryhmitelty pääteihin ja muihin teihin. Näistä ryhmistä on tuotettu kyseenä olevan kuntomuuttujan (joko urat, tasaisuus, vauriosumma tai niiden jokin kombinaatio) suhteen koko verkon nykytilajakauma (ensimmäinen rivi). Nykytilajakauman lisäksi kullekin verkolle on lisäksi laskettu, arvioitu tai esimerkiksi liikenteen ja tienpitäjän kustannuksia minimoiden määritetty optimikuntojakauma. Tämä optimikuntojakauma tai siksi jollain muulla arviointitavalla sovittu jakauma asetetaan kuntotavoitteeksi, johon pitkän aikavälin kuluessa pyritään (kolmas rivi). Tieverkon kuntotilan "ajaminen" kohti pitkän aikavälin tavoitetta tapahtuu sitten asteittain asettamalla kullekin vuodelle ( $n+1$ ,  $n+2$  jne...) realistiset kulloinkin käytettävissä olevaan rahoitustilanteeseen sopivat kuntotilatavoitteet (toinen rivi).

Taulukko 11. Päällystettyjen teiden tasaisuusluokitus ja keskimääräiset raja-arvot

LUOKKA	KUVAUS (Ajomukavuus- ja epätasaisuustuntuma)	TASAISUUS- RAJAT (IRI) (mm/m)
Erittäin hyvä	Tasainen tie. Miellyttävä ajaa, ajonopeus "karkailee".	-1,3
Hyvä	Pääasiassa tasainen tie, loivia epätasaisuuksia ja satunnaisia poikittaisia epätasaisuuksia, jotka eivät häiritse ajomukavuutta. Sallittua maksiminopeutta helppo ylläpitää.	1,4-2,6
Tyydyttävä	Tie jonkin verran epätasainen. Satunnaisia lieviä heittoja. Ajonopeus useimmiten lähellä sallittua maksiminopeutta, ajettaessa tien pintaa seurattava.	2,7-4,1
Huono	Tie epätasainen, runsaasti lieviä heittoja ja satunnaisesti suuria heittoja. Ajonopeus vaihtelee, ajolinjoja muuteltava, ajamiseen täytyy keskittyä. Ei houkuttele ohituksiin.	4,2-5,5
Erittäin huono	Tie epätasainen, runsaasti sekä lieviä että suuria heittoja. Matkustaminen epämiellyttävää, ajonopeus yleensä sallitun maksimin alapuolella. Vaurioita ja yksittäisiä epätasaisuuksia väisteltävä. Keskityttävä ajamiseen. Autoilija pyrkii käyttämään kiertotietä jos sellainen on lähietäisyydellä.	5,6-

Taulukko 12. Päällystettyjen teiden vaurioluokitus ja keskimääräiset raja-arvot

LUOKKA	KUVAUS (Vauriotyypit, ajomukavuustuntuma, toimenpidetarve)	VAURIOSUMMA RAJAT (m2)	
		Kestop	Kevytp.
Erittäin hyvä	Pääasiassa vaurioton tie. Ainoastaan vähän lyhyitä ja kapeita viivahalkeamia. Ei tarvetta toimenpiteisiin.	-5	-8
Hyvä	Vauriot pääasiassa erilaisia viivahalkeamia. Satunnaisesti myös pieniä verkkohalkeamia. Toimenpiteenä mahdollisesti leveimpien viivahalkeamien saumaus.	6-20	9-30
Tyydyttävä	Pääteillä vain viivahalkeamia, mutta muilla teillä myös verkkohalkeamia tai alkavia purkauksia tai lieviä reunapainumia. Mahdolliset paikat pysyneet ehjinä. Tien käyttäjä havaitsee vauriot, mutta ne eivät vaikuta ajamiseen. Suurimpia vaurioita tarpeen korjata.	21-40	31-60
Huono	Leveitä ja pitkiä viivahalkeamia, alemman luokan teillä myös verkkohalkeamia ja paikkoja tai suuria reunapainumia. Vauriot vaikuttavat ajolinjojen valintaan. Vauriot korjattava. Päällysteen uusiminen tarpeen 0-2 v:n kuluttua.	41-80	61-120
Erittäin huono	Runsaasti verkkohalkeamia ja niiden lisäksi purkauksia tai reikiä ja huonokuntoisia paikkoja sekä reunapainumia. Vauriot vaikuttavat ajolinjojen valintaan ja ajonopeuksiin. Yksittäisiä vaurioita ei kannata korjata, vaan koko päällyste on uusittava tai koko rakenne parannettava.	81-	121-

Taulukko 13. Kestopäällysteiden uraluokitus ja keskimääräiset urarajat.

LUOKKA	KUVAUS (Ajomukavuustuntuma, toimenpidetarve perusnopeusrajoituksen tiellä) (KVL < 9000 ajon/vrk, sivukaltevuus riittävä).	URARAJAT (80 km/h) (mm)
Hyvä	Tienkäyttäjät ei kiinnitä huomiota uriin. Urat eivät sanottavasti vaikuta ajolinjoihin eikä ajonopeuksiin.	-18
Tyydyttävä	Tiessä havaittavat urat. Sateisella kelillä vaikuttavat jossain määrin ajolinjojen valintaan ja ajonopeuksiin. Toimenpiteisiin varauduttava 1-3 v kuluessa.	19-24
Huono	Tie erittäin urainen. Urat vaikuttavat sekä ajolinjojen valintaan että ajonopeuksiin. Sateisella kelillä ajettaessa vesiliirron vaara. Välitön toimenpidetarve.	25-



Taulukko 14. Esimerkki kuntojakaumatavoitteen asettelusta esitettyä luokitusta käyttäen.

Tieverkko	Jakauma (%)	Kuntojakaumat (%)					Yhteensä
		Erittäin hyvä	Hyvä	Tyydyttävä	Huono	Erittäin huono	
Ab-pääties	Nykytila	27	47	20	5	1	100
	v. n + 1	27	49	20	4	0	100
	PA-tav.	30	50	20	0	0	100
Ab-muut ties	Nykytila	27	42	21	8	2	100
	v. n + 1	27	45	21	6	1	100
	PA-tav.	27	50	22	1	0	100
Ös-pääties	Nykytila	9	35	32	18	6	100
	v. n + 1	14	35	32	15	4	100
	PA-tav.	30	35	34	1	0	100
Ös-muut ties	Nykytila	17	40	25	14	4	100
	v. n + 1	18	42	25	12	3	100
	PA-tav.	25	30	40	4	1	100

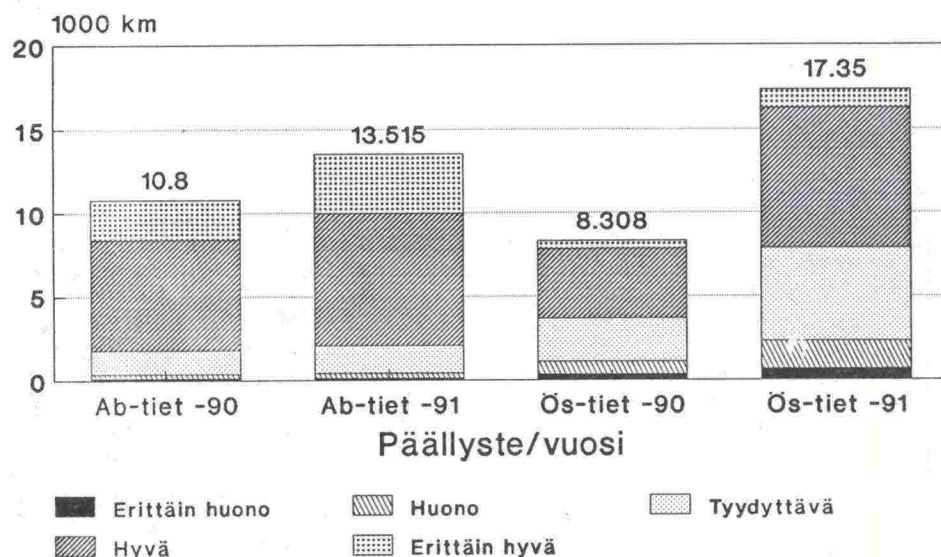
Selitykset: PA-tavoite = pitkän aikavälin tavoitteeksi sovittu kuntojakauma.  
v. n + 1 = kuntojakaumatavoite seuraavalle vuodelle.

Jos pitkän aikavälin kuntotavoite lasketaan kokonaiskustannuksia minimoiden, eri tieverkkojen liikennemäärät vaikuttavat niin, että vilkasliikenteisempien teiden kuntojakauman optimiksi tulee parempi jakauma kuin vähäliikenteisten teiden. Tällöin esim. kestopäällysteisten teiden tai pääteiden optimijakauma ja siten myös vuosittaiset tavoitteet asettuvat kireämmiksi kuin muiden teiden.

Tulostavoitteita asetettaessa ei välttämättä tarvitse kinnittää huomiota koko kuntojakaumaan. Useimmiten riittää, kun kohdistetaan huomio huonokuntoisiin teihin (esimerkiksi kuntoluokkiin huono ja erittäin huono) ja asetetaan niiden parantamiselle tavoitteita.

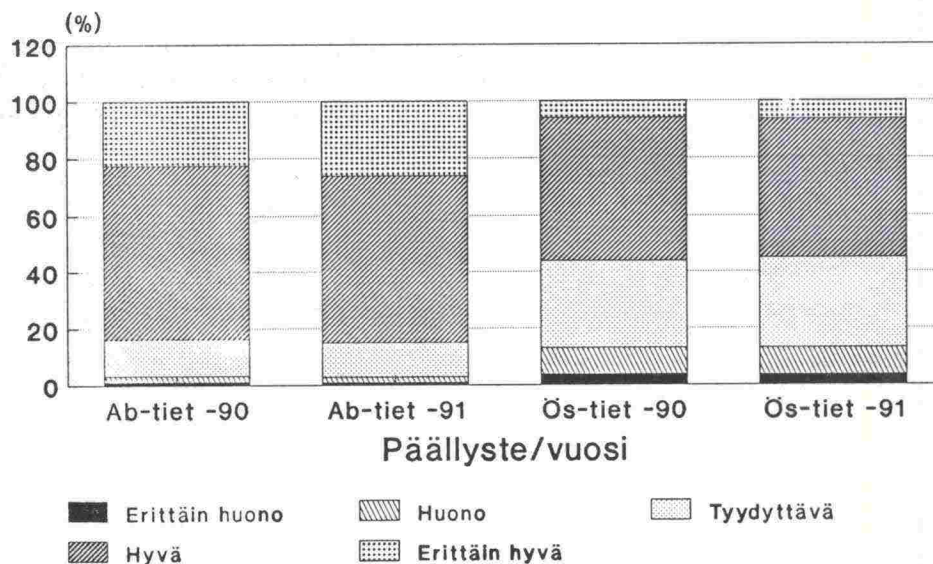
## TIESTÖN TASAISUUSJAKAUMA

### Keskimääräiset luokkarajat



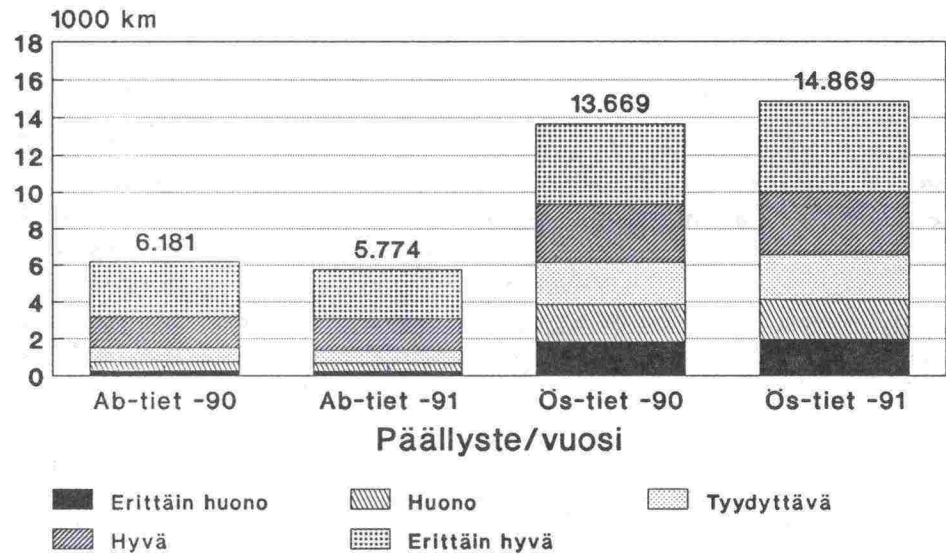
## TIESTÖN TASAISUUSJAKAUMA

### Keskimääräiset luokkarajat

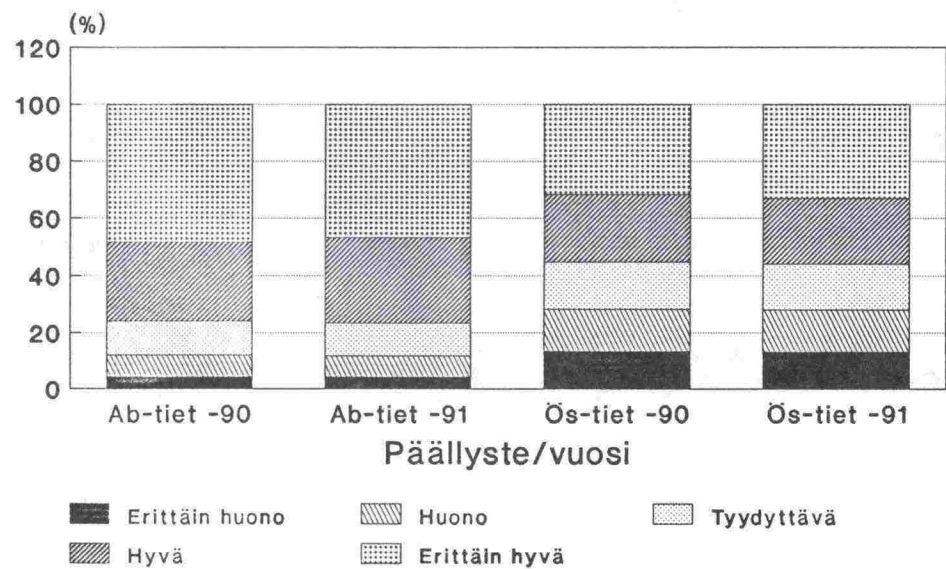


Kuva 6. Päällystetyt tiet tasaisuusluokittain vuosina 1990 ja 1991. Ylemmässä kuvassa tiepituudet ja alemmassa prosenttijakauma. Taulukon 11 mukaiset keskimääräiset luokkarajat.

## TIESTÖN VAURIOJAKAUMA Keskimääräiset luokkarajat



## TIESTÖN VAURIOJAKAUMA Keskimääräiset luokkarajat



Kuva 7. Päällystetyt tiet vaurioluokittain vuosina 1990 ja 1991. Ylemmässä kuvassa tiepituudet ja alemmassa prosenttijakauma. Taulukon 12 mukaiset vaurioluokat.



## 9 TASAISUUDEN JA VAURIOIDEN TIELUOKITTAISET LUOKKARAJAT

### 9.1 Teiden ryhmittelystä

Edellisessä kappaleessa esitettiin kuntomuuttujille (urat, tasaisuus ja vauriosumma) keskimääräiset luokkarajat. Luokitusprojektin toinen tavoite oli muodostaa luokitus, jossa huomioitaisiin erilaiset tiet erilaisin raja-arvoin. Luokkarajat tulisi olla kireämmät vilkasliikenteisillä ja nopeilla teillä vähäliikenteisiin teihin verrattuna. Yhdeksi ryhmittelijäksi päätettiin ottaa tieluokka kuitenkin muutamia toiminnallisia luokkia yhdistellen. Ryhmittelyperusteiksi olisi voitu ottaa muitakin tekijöitä, esim. nopeusrajoitus, liikennemäärä, kunnossapitoluokka tai päällystetyyppi, mutta liian monimutkaisten taulukoiden välttämiseksi nähtiin yksinkertaistaminen tarpeelliseksi.

Tasaisuusluokille muodostettiin yhdet raja-arvot ottaen huomioon pelkkä tieluokka ja toiset raja-arvot huomioiden pelkkä nopeusrajoitus. Toiminnallinen luokitus huomioitiin neliportaisena siten, että moottoritiet olivat omana ryhmänään erillään pääteistä ja kokooja- ja yhdystiet muodostivat muiden teiden ryhmän.

Vaurioluokitus tehtiin muodostaen tieluokista kolme ryhmää, joissa moottoritiet ja päätiet olivat samassa ryhmässä. Uraluokituksessa ryhmittelijänä käytettiin vain nopeusrajoitusta.

Tarkempaa luokittelua voidaan myös käyttää kuntotavoitteiden asettelussa taulukon 14 tapaan, mutta on kuitenkin huomioitava, että tieluokittainen luokitus sisältää jo luokkarajoissa taulukon 14 mukaisen kireysvaatimuksen eri luokkaisille teille. Kuntotavoitteita voidaan silti asettaa samaan tapaan kuin edelläkin esitettiin.

### 9.2 Tasaisuusrajat

Luokitus ja tasaisuuden luokkarajat ovat taulukossa 15. Luokkarajat koskevat 100 m:n pituudelta laskettuja IRI-arvoja, jotka on pyöristetty yhteen desimaaliin.

Taulukko 15. Tasaisuusrajat tieluokittain.

Tasaisuuden 100 m:n IRI-arvojen luokkarajat (mm/m):

Tieluokka/ ryhmä	Erittäin hyvä	Hyvä	Tyydyttävä	Huono	Erittäin huono
Moottoritiet	-1.1	1.2-1.6	1.7-2.2	2.3-2.9	3.0-
Päätiet	-1.3	1.4-2.0	2.1-2.9	3.0-4.3	4.4-
Seudulliset	-1.5	1.6-2.4	2.5-3.5	3.6-5.1	5.2-
Muut tiet	-1.8	1.9-2.9	3.0-4.1	4.2-6.0	6.1-

Moottoriteiden tasaisuuksien luokkarajat parhaimmasta huonoimpaan ovat 1.15, 1.65, 2.25, ja 2.95 mm/m. Muut päätiet ovat omana ryhmänään ja niiden luokkarajat ovat 0.2-1.4 yksikköä moottoriteiden rajoja suuremmat. Seudulliset tiet ovat omana ryhmänään ja niiden luokkarajat ovat taas noin 0.2-0.8 yksikköä edellisiä suuremmat. Kokooja- ja yhdystiet muodostavat yhdessä oman ryhmänsä ja luokkarajat ovat edellisten vastaavia noin 0.3-0.9 yksikköä suuremmat.

Pääteiden pääasiallinen nopeusrajoitus on 100 km/h. Pääteistä noin 21 %:lla on kuitenkin alhaisempi nopeusrajoitus (80 km/h), josta syystä pääteiden luokkarajat ovat hiukan alhaisemmat kuin nopeusrajoitusalueella 100 km/h (taulukko 17).

Seudullisten teiden luokkarajat noudattavat pääosin nopeusrajoitusalueen 80 km/h raja-arvoja sillä poikkeuksella, että 100 km/h:n nopeusrajoitusalueen osuus seudullisilla teillä (30 %) vaikuttaa hiukan raja-arvoja alentavasti.

Edellisen kaltainen korjaus on tehty myös luokkaan muut tiet, jossa siis pääasiallinen nopeusrajoitus on 60 km/h, mutta suurempien nopeusrajoitusten osuus on huomattava.

Kuvassa 8 on esitetty päällystetyn tieverkon jakaantuminen ehdotettuihin tasaisuusluokkiin vuoden 1990 mittauksen perusteella. Tasaisuudeltaan huonokuntoisten ja erittäin huonokuntoisten teiden määrä on sen mukaan 2325 km.

### 9.3 Vauriosummarajat

Tieluokittaista vaurioluokitusta tehtäessä otettiin huomioon myös päällysteryhmä siten, että kestopäällysteet muodostavat yhden ryhmän ja kevytpäällysteet toisen. Tieluokittainen ryhmitys oli muuten sama kuin edellisessäkin kohdassa, mutta moottoritiet ja päätiet ovat yksi ryhmä.

Taulukko 16. Vaurioluokitus tieluokittain

Vauriosumman 100 m:n arvojen luokkarajat (m<sup>2</sup>):  
Kestopäällysteet:

Tieluokka/ ryhmä	Erittäin hyvä	Hyvä	Tyydyttävä	Huono	Erittäin huono
Päätiet	-3	4-15	16-30	31-60	61-
Seudulliset	-5	6-20	21-40	41-80	81-
Muut tiet	-8	9-30	31-60	61-120	121-

Kevytpäällysteet:

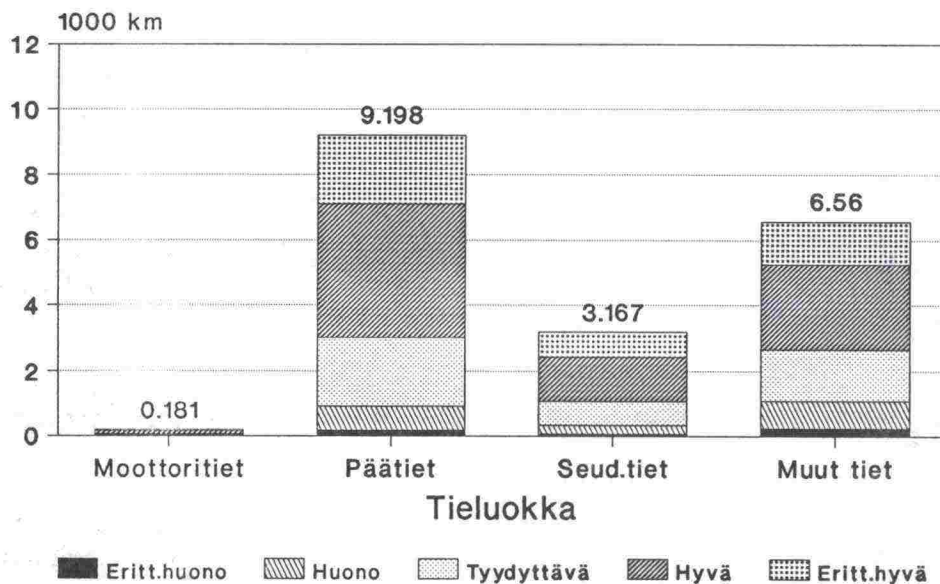
Tieluokka/ ryhmä	Erittäin hyvä	Hyvä	Tyydyttävä	Huono	Erittäin huono
Päätiet	-5	6-25	26-50	51-100	101-
Seudulliset	-8	9-30	31-60	61-120	121-
Muut tiet	-10	11-35	36-80	81-150	151-



Kuvassa 9 on esitetty päälystettyjen teiden jakaantuminen esitettyihin vaurioluokkiin. Vaurioiltaan huonokuntoisia tai erittäin huonokuntoisia teitä oli vuonna 1990 sen mukaan noin 4000 km.

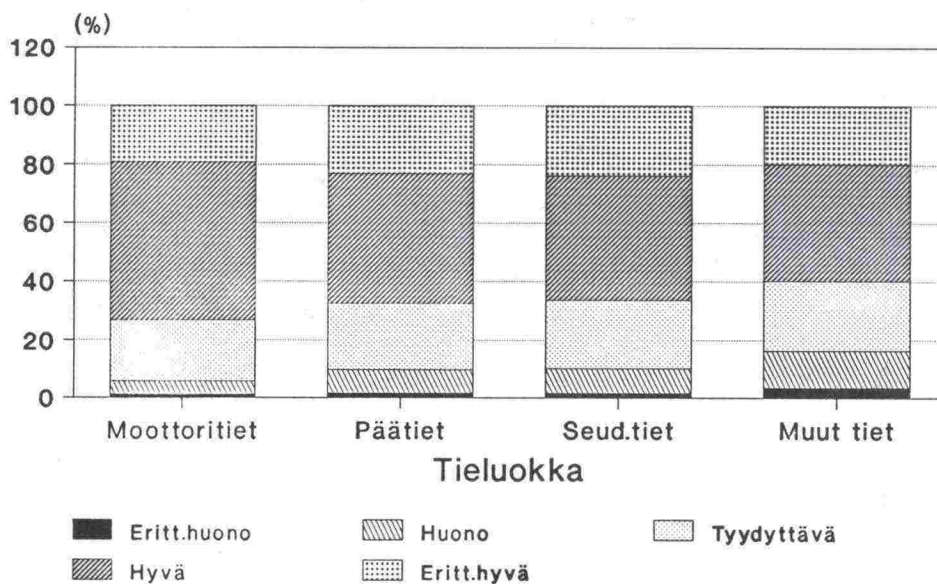
### TIESTÖN TASAISUUSJAKAUMA. 1990

#### Tieluokittaiset luokkarajat



### TIESTÖN TASAISUUSJAKAUMA v. 1990

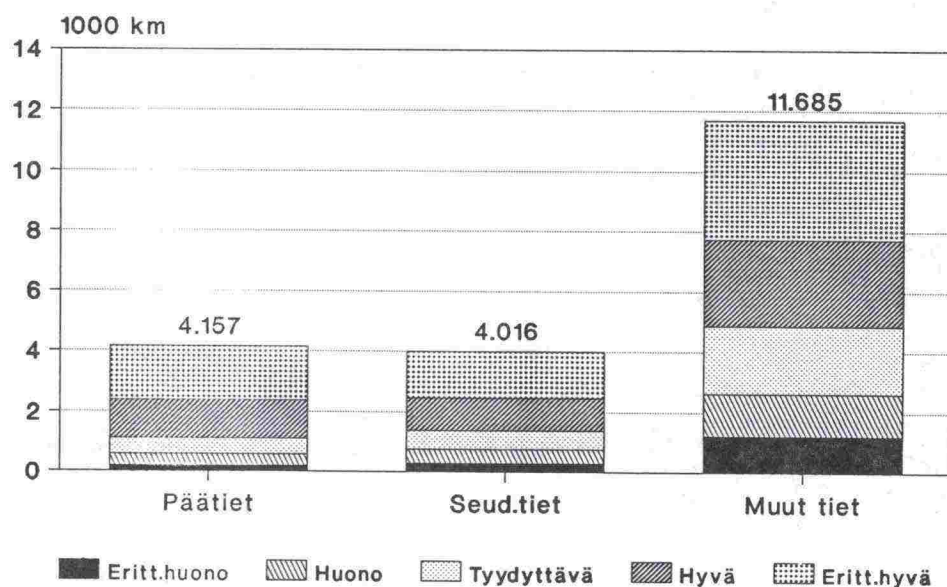
#### Tieluokittaiset luokkarajat



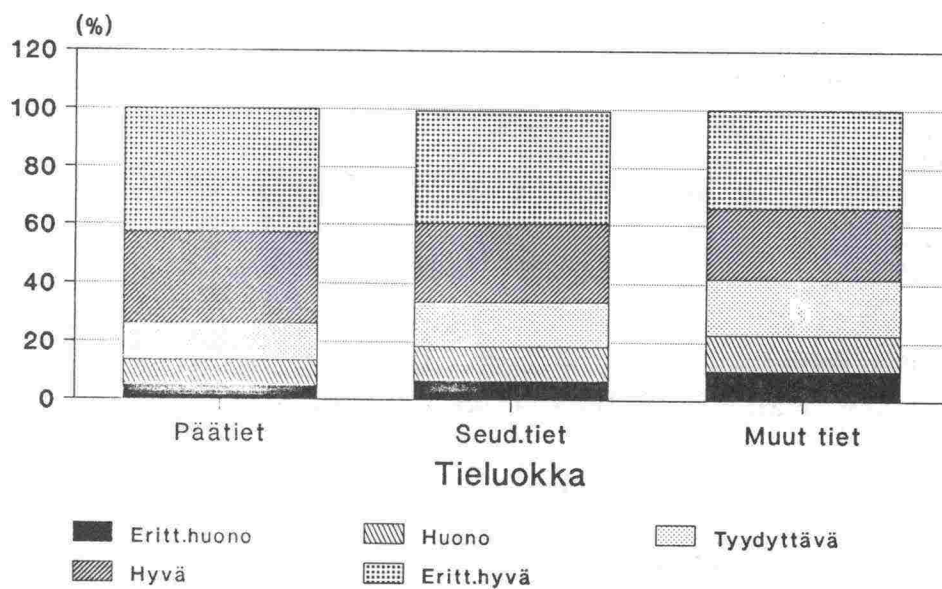
Kuva 8. Päälystetyt tiet tasaisuusluokittain vuonna 1990 taulukon 15 mukaisin luokkarajoin luokiteltuna.



## TIESTÖN VAURIOJAKAUMA v. 1990 Tieluokittaiset luokkarajat



## TIESTÖN VAURIOJAKAUMA v. 1990 Tieluokittaiset luokkarajat



Kuva 9. Päällystetyt tiet vaurioluokittain vuonna 1990 taulukon 16 mukaisin luokkarajoin luokiteltuna.

## 10 TASAISUUDEN JA URIEN LUOKKARAJAT NOPEUSRAJOITUSALUEITTAIN

### 10.1 Nopeusrajoitusalueittaiset tasaisuusrajat

Nopeusrajoitusalueiksi valittiin 120, 100, 80 ja 50-60 km/h nopeusrajoitusalueet. Nopeusrajoitusalueen 120 km/h tasaisuusrajat ovat samat kuin moottoriteiden tasaisuusrajat taulukossa 17. 70 km/h:n nopeus kuuluu 80 km/h:n ryhmään.

*Taulukko 17. Päälystettyjen teiden tasaisuusrajat nopeusrajoituksen mukaan.*

*Tasaisuuden 100 m:n IRI-arvojen luokkarajat (mm/m):*

Nopeus- rajoitus	Erittäin hyvä	Hyvä	Tyydyttävä	Huono	Erittäin huono
120 km/h	-1.1	1.2-1.6	1.7-2.2	2.3-2.9	3.0-
100 km/h	-1.3	1.4-1.9	2.0-2.8	2.9-4.1	4.2-
80 km/h	-1.5	1.6-2.4	2.5-3.5	3.6-5.2	5.3-
50-60 km/h	-1.8	1.9-3.0	3.1-4.3	4.4-6.3	6.4-

### 10.2 Nopeusrajoitusalueittaiset urarajat

Uraluokituksessa on kolme eri nopeusrajoitusaluetta; -60, 80 ja 100 km/h:n alueet. Nopeusrajoituksilla tarkoitetaan kesäkaudella voimassaolevia rajoituksia. 70 km/h:n nopeus kuuluu 80 km/h:n ryhmään.

*Taulukko 18. Kestopäälysteiden urarajat nopeusrajoitusalueittain.*

*100 m:n urasyvyyksien raja-arvot (mm):*

Nopeus- rajoitus	Hyvä	Tyydyttävä	Huono
100- km/h	-14	15-20	21-
80 km/h	-18	19-24	25-
50-60 km/h	-21	22-27	28-

## 11 EHDOTUKSET TOIMENPIDERAJOIKSI

### 11.1 Toimenpideraajat tasaisuudelle

Taulukossa 19 on esitetty päälystetyille teille suurimmat sallitut epätasaisuudet, kun on kyseessä yli yhden km:n pituudelle lasketut IRI-arvot. Raja-arvot riippuvat nopeusrajoituksesta, mutta vaihtelualueen sisällä voidaan huomioida myös liikennemäärä tai tieluokka.

IRI-arvojen lisäksi taulukko sisältää suurimmat sallitut maksimiarvot erikseen pienten ja suurten yksittäisepätasaisuuksien määriille sekä suurimman sallitun maksimikiikityvyyden.

Taulukko 19. Suurimmat sallitut IRI-arvot ja yksittäisepätasaisuuksien määrät.

Yli 1000 m:n pituisten osuuksien suurin sallittu epätasaisuus (IRI):

Nopeus- rajoitus	Tasaisuus- rajat 1) (mm/m)	Yksittäisepätasaisuuksien määrä			
		Pienet 2-3.5 m/s <sup>2</sup>	Suuret 3.5- m/s <sup>2</sup>	Maksimi- kiihtyvyys	
120- km/h	2.3-2.5	2	0	3	
100 km/h	2.9-3.4	3	1	4	
80 km/h	3.6-4.3	6	2	4	
50-60 km/h	4.4-5.4	10	5	5	2)

1) IRI-arvojen vaihtelun alueen alapää on tarkoitettu kussakin nopeusluokassa vilkasliikenteisille teille ja yläpää vähäliikenteisille teille.

2) Jos päätien nopeusrajoitus on alle 80 km/h, noudatetaan silti 80 km/h:n nopeusluokan tasaisuusvaatimuksia.

## 11.2 Toimenpiderajat vaurioille

Päällystettyjen teiden suurimmat sallitut vauriosummat toiminnallisen luokan ja päällystetyypin mukaan ovat taulukossa 20. Rajat tarkoittavat yli 1 km:n pituisille osuuksille 100 m:n osuuksien vauriosummista laskettuja keskiarvoja (m<sup>2</sup>/100m).

Taulukko 20. Suurimmat sallitut vauriosummat toiminnallisen luokan ja päällystetyypin mukaan.

Vauriosumma (m <sup>2</sup> /100m)			
Tieluokka	Kestopäällysteet	Kevytpäällysteet	SOP
Päätiet	40	60	-
Seudulliset	70	100	-
Muut tiet	100	130	200

## 11.3 Toimenpiderajat urille

Taulukko 21 sisältää suurimmat sallitut urasyvyydet, joiden ylittäminen merkitsee toimenpiderajan saavuttamista. Pistekohtaisilla arvoilla tarkoitetaan tässä yhteydessä sekä PTM:n 20 m:n uran maksimiarvoa että oikolaudalla mitattua maksimiarvoa.

100 m:n laskentapituuksilta lasketut ura-arvot ovat suoraan PTM-auton tuottamia maksimiurien keskiarvoja ja yli 1 km:n ura-arvot ovat 100 m:n osuuksien maksimiurien keskiarvoista laskettuja keskiarvoja.



Taulukko sisältää kahdet raja-arvot siten, että ensimmäinen raja-arvoalue ilmaisee toimenpidetarpeen lähestymisen 1-3 vuoden kuluessa ja toinen välittömän toimenpidetarpeen. Raja-arvot riippuvat nopeusrajoituksesta. Taulukon raja-arvot ovat voimassa tilanteessa, jossa tien pinnan kaltevuusolosuhteet ovat riittävät ja liikennemäärä alle 9000 ajoneuvoa/vrk ajorataa kohden. Riittämätön kaltevuus voidaan huomioida pienentämällä taulukon raja-arvoja 1-5 mm.

Taulukko 22. Suurimmat sallitut urasyvytydet.

Uran las- kentäpituus	Välitön toimenpidetarve Nopeusrajoitus (km/h)			Toimenpidetarve 1-3 v:n kuluttua Nopeusrajoitus (km/h)		
	-60	(70)-80	100-	-60	(70)-80	100-
Pistekohtainen *	35	35	35	-	-	-
100 m	27	24	20	21	18	14
> = 1 km	21	18	15	16	13	10

- \* PTM-autolla 20 m:n uratieto tai oikolaudalla mitattu tieto.

- Taulukko soveltuu liikennemäärältään KVL < 9000 ajon/vrk/ajorata alueella.

Vilkasliikenteisemmille teille rajat on arvioitava erikseen.

- Taulukon arvot edellyttävät, että tien viettokaltevuus on tyysyttävä.

Jos sivukaltevuus on < 1,5 %, urasyvytyksien raja-arvoja on pienennettävä harkinnan mukaan 1-5 mm.

## 12 YHTEISVAIKUTUS

Projektin yhtenä tavoitteena oli ottaa kantaa siihen, mikä olisi kyseessä olevien kuntomuuttujien yhteisvaikutus tai miten niitä pitäisi painottaa tien kokonaiskuntoa arvioitaessa.

Vuonna 1984 annetuissa päällystesuunnitteluohjeissa on esitetty ns. yhteisvaurioaste, jolla kuvataan urien, verkkohalkeamien ja epätasaisuuden yhteisvaikutusta. Se lasketaan vertaamalla kunkin muuttujan mitattua arvoa sen suurimpaan sallittuun arvoon ja painottamalla kutakin tietyllä kertoimella ja laskemalla yhteen. Kunnostustarve päätettäisiin sen mukaan siitä, ylittääkö yhteisvaurioaste luvun 1 vai ei. Yksinkertaisuudestaan huolimatta tätä kaavaa ei ole juurikaan käytetty päällystysohjelmia tehtäessä. Kaikkien kolmen muuttujan yhtäaikainen huomioonottaminen ei ole sen takia tarpeellista, koska esim. syviä uria ja runsasta vaurioitumista ei yleensä havaita samalla tiellä /1/.

Päällysteiden kunnostuskriteerit -tutkimuksessa on päädytty ehdottamaan kahta erillistä vaurioastetta, jotka muodostetaan urien ja epätasaisuuden ja toisaalta vaurioiden ja epätasaisuuden avulla. Laskentatapa olisi muuten sama kuin vuonna 1984 annetuissa ohjeissa. Painotuskertoimet olisivat hiukan erilaiset eli tasaisuudelle 0,5 ja vaurioille ja urille molemmille 0,8, jotka on saatu arvioimalla toimenpidetarvetta eräissä yksittäiskohteissa /1/.

Toinen mahdollisuus eri kuntotekijöiden yhteisvaikutuksen arvioimiseksi olisi, että määritettäisiin kullekin kuntomuuttujalle niiden luokkia (erittäin

hyvä, hyvä, tyydyttävä, huono ja erittäin huono) vastaavat pisteluvut (0-5) ja painotettaisiin kuhunkin luokkaan kuuluvaa tietä painokertoimella ja laskettaisiin yhteen. Kriittiseksi raja-arvoksi voitaisiin määrittää jokin tietty luku esim. 3,5, jota suuremmat osuudet vaativat toimenpiteitä /1/.

Edellä esitetyt ehdotukset koskevat vain toimenpidetarpeen arviointia eivätkä sovellu käytettäväksi luokitetun aineiston yhteisvaikutuksen arviointiin. Luokitellun aineiston yhteisvaikutuksen arviointia varten tarvitsisi tehdä lisätutkimuksia, joihin ei tässä yhteydessä ollut mahdollisuutta.

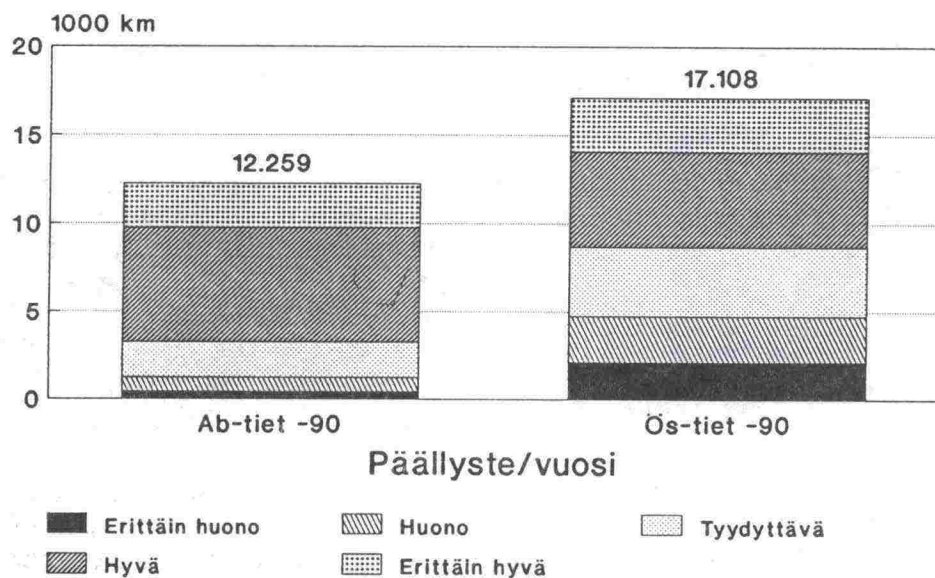
Työryhmän kannaksi muodostui lopulta se, että päällystettyjen teiden kuntoluokituksessa riittää, että tiet arvioidaan huonoimman kuntotekijän mukaan. Ts. jos esimerkiksi tietyn tien yhden 100 m:n osuuden kuntomuuttujat ja niiden perusteella määräytyvät kuntoluokat ovat seuraavat:

- urasyvyys	13 mm	(hyvä)
- tasaisuus	3,6 mm/m	(tyydyttävä)
- vauriosumma	45 m <sup>2</sup>	(huono)

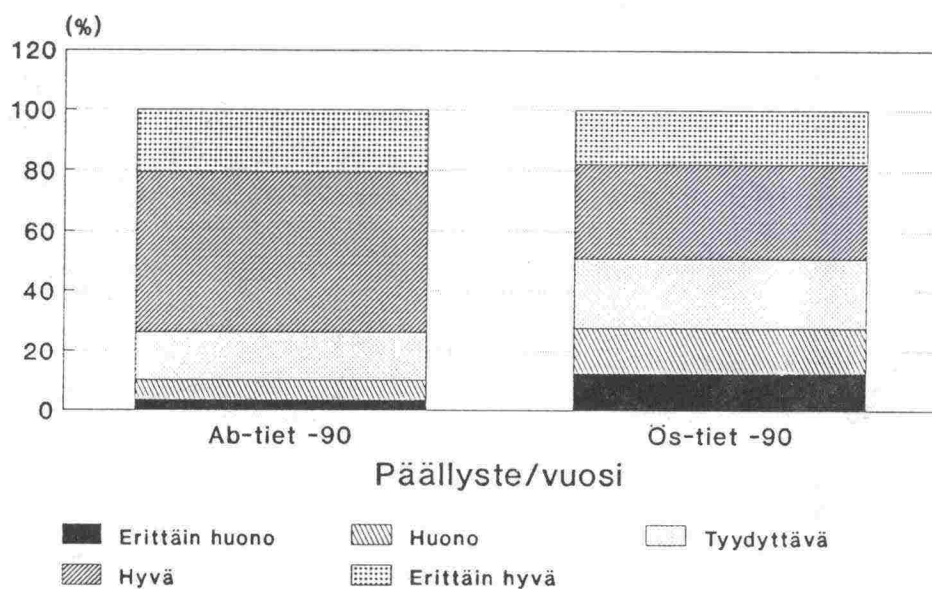
määräytyy osuuden lopullinen kuntoluokka huonoimman eli vauriosumman perusteella luokkaan huono. Menettely on yksinkertainen ja sitä voidaan käyttää myös silloin, kun käytetään tarkempia joko tieluokasta tai nopeusrajoituksesta riippuvia raja-arvoja.

Esimerkkinä edellä mainitulla tavalla ryhmittelystä on kuva 10, jossa päällystetyt tiet on ryhmitelty kuntoluokkiin huonoimman kuntotekijän (tasaisuuden tai vaurioiden) perusteella.

### TIESTÖN KUNTOJAKAUMA (tasaisuus+vauriot) Keskimääräiset luokkarajat



### TIESTÖN KUNTOJAKAUMA (tasaisuus+vauriot) Keskimääräiset luokkarajat



Kuva 10. Päällystetyt tiet eri kuntoluokissa huonoimman tekijän mukaan vuonna 1990.



### 13 YHTEENVETO

Tämä raportti käsittelee päällystettyjen teiden pintakunnon luokittelutyöryhmän ehdotusta sellaisiksi luokitteluperusteiksi, jotka voitaisiin yleisesti hyväksyä ja joita voitaisiin käyttää keskusteltaessa tiestön kunnosta ja asetettaessa tulostavoitteita tiestön kunnolle.

Luokittelu koskee vain tärkeimpiä pintakuntoa kuvaavia muuttujia eli tasaisuutta, urasyvyyksiä ja vauriosummaa.

Lähdekirjallisuus toi lisätietoa luokitteluun lähinnä tasaisuuden suhteen ja jossain määrin myös urasyvyyksien suhteen. Vertailua muiden maiden vastaaviin tutkimuksiin vaikeuttaa mittareiden yhteismitattomuus. Ainoastaan tasaisuutta kuvaava IRI-tunnusluku on mitta- ja laskentatavaltaan vertailukelpoinen Suomessa mitattavaan tunnuslukuun verrattuna, mutta siinäkin on eroja esim. Ruotsissa tasaisuustunnusluku mitataan eri laskentapituuksilta (20 ja 400 m) kuin meillä. Suomessa on mitattu tasaisuutta jo 1980-luvulta lähtien kuitenkin eri mittarilla, jonka tulokset on kalibroitu vastaamaan nykyistä IRI-mittaria.

Urasyvyyksien mitta- ja mittaus on erittäin kirjavaa eri maissa. Kirjallisuudessa esitetyt normit ja ohjeet perustuvat sangen erilaisiin mittaustuloksiin. Esimerkiksi Ruotsissa käytettävä palvelutasomittari (RST) mittaa uria hiukan eri periaatteella kuin Suomessa käytettävä mittari. Lisäksi uratiedon laskentapituus on Ruotsissa jälleen 20 ja 400 m, kun taas Suomessa käytetään 100 m:n laskentapituutta.

Tien vaurioituneisuutta kuvaava vauriosumma on kehitetty Suomessa eikä siihen verrattavaa tunnuslukua lasketa muualla. Vaurioitumista on arvioitu yleensä verkkohalkeamien tai muiden yksittäisvaurioiden perusteella.

Luokitustyön tuloksena esitetään keskimääräisten raja-arvojen lisäksi myös tieluokasta ja/tai nopeusrajoituksesta riippuvat raja-arvot. Keskimääräiset raja-arvot palvelevat lähinnä laitostasolla koko tieverkkoa käsittelevää keskustelua ja kuntotavoitteiden asettelua. Niissä ei ole otettu kantaa esim. tieluokittaisten kuntotavoitteiden eroihin.

Tieluokittaisia ja/tai nopeusrajoitusalueittaisia raja-arvoja muodostettaessa on otettu jo kantaa siihen, minkä tasoista kuntoa eri luokkaisilta teiltä voitaisiin vaatia. Näitä raja-arvoja voidaan käyttää, mikäli keskimääräiset raja-arvot koetaan liian karkeiksi. Tieluokista ja/tai nopeusrajoitusalueista riippuvat raja-arvot sopivat paremmin esimerkiksi piirikohtaisiin tarkasteluihin.

## LÄHDEKIRJALLISUUS

- /1/ Lehtipuu, Eero. Päällysteiden kunnostuskriteerit. Pank ry & Valtion teknillinen tutkimuskeskus, julkaisu nro 95. Espoo, huhtikuu 1992, 75 s.
- /2/ Tielaitos, tiehallitus 1991. Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1991. Helsinki 1991. 32 s. ISBN 951-47-4983-9, TIEL 3200008-91.
- /3/ Tielaitos, tiehallitus 1990. Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1990. Helsinki 1991. 23 s. ISBN 951-47-4343-1, TIEL 3200008.
- /4/ Kuntotietojen luokitusprojektin ajopaneelin 8.10.1991 suoritus ja tulokset. Julkaisematon muistio, Vesa Männistö, Viasys Oy. 14 s.
- /5/ Laser- ja IRI-tasaisuusmittausten kalibrointi. VTT, tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratorio, tutkimusraportti 38. Espoo 1991. Terhi Pellinen & Timo Alanko. 41 s.
- /6/ Öljysorapäällysteiden kuntoluokitus. Tie- ja vesirakennushallitus (TVH 743920). Helsinki 1984.
- /7/ Hämeen piirin tasaisuusrajat. Tielaitos, tiehallituksen sisäisiä julkaisuja 2/1991. Tampere 1991. 10 s.
- /8/ Regler för underhåll och drift. Vägverket, Serviceavdelning Väg- och Brokonstruktion. Publ. VV 1990:51.1990. 38 s.
- /9/ Tielaitos, tiehallitus 1992. Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1992. Helsinki 1992.

PÄÄLLYSTETYN TIEN TASAISUUDEN KUNTOLUOKITUS JA IRI-ARVOT  
MAAILMANPANKIN ARVIOINTIOHJEIDEN MUKAAN

Lähde: Sayers & al.: Guidelines for conducting and calibrating road roughness measurements. World Bank technical paper 46. Washington, D. C. 1986.

Vaurioiden esiintymistiheys on kuvattu seuraavasti:

"satunnainen":	1-2 kpl/50 m matkalla jommankumman raiteen kohdalla
"kohtalaisen taaja":	3-5 kpl/50 m
"hyvin taaja":	> 5 kpl/50 m

	<u>Tasaisuusluokan kuvaus</u>	<u>Arvioitu IRI-arvo</u>
<b>Erittäin hyvä</b>	Mukava ajaa vielä yli 120 km/h. Aaltoilua vaivoin havaittavissa, jos nopeus on 80 km/h ja IRI-arvo 1,3...1,8. Ei painumia, kuoppia tai kouruuntumista; poikkeamat 3 m:n oikolaudasta alle 2 mm.	1,4...2,3
<b>Hyvä</b>	Mukava ajaa 100-120 km/h:n nopeuteen asti. Nopeudella 80 km/h voidaan kohtalaisen selvästi tuntea keinahduksia tai laajempia aaltoja. Jos pintavaurioita tavataan, ne ovat satunnaisia painumia, paikkoja tai kuoppia (poikkeama 5-15 mm 3 m:n oikolaudasta) tai useampia matalia purkauksia. Ellei pintavaurioita ole, päällysteessä on silti kohtalaisen taajasti poikittaiskouruja tai laajempia aaltoja.	4,0...5,3
<b>Tyydyttävä</b>	Ajaminen mukavaa vielä 70-90 km/h:n nopeudella, mutta keinahtelua on jo selvästi havaittavissa. Päällyste useimmiten vaurioitunut: kohtalaisen taajasti painumia tai epätasaisia paikkoja (15-20 mm/3 m:n oikolaudalla) tai satunnaisia reikiä. - Ellei päällystevaurioita ole, pinta on voimakkaasti aaltoileva.	7,0...8,0
<b>Huono</b>	Ajaminen menettelee 50-60 km/h:n nopeuteen asti, mutta auto saa teräviä liikkeitä ja keinuntaa. Vakavia päällystevaurioita: syviä painumia ja epätasaisia paikkoja (20-40 mm/3 m:n oikolaudalla) esiintyy kohtalaisen taajasti tai reikiä hyvin taajasti.	9,0...10,0
<b>Erittäin huono</b>	Ajonopeus pienennettävä alle 50 km/h. Syviä painumia ja reikiä (40-80 mm/3 m:n oikolaudalla) sekä pitkälle kehittyneitä purkauksia esiintyy hyvin taajasti.	11,0...12,0

Huomautus (EL): Asteikko on lievempi (IRI-arvot suuria sanalliseen kuvaukseen verrattuna) kuin mihin Suomessa on totuttu. Syynä osaltaan se, että Maailmanpankki operoi pääosin kehitysmaissa ja siellä on pääasia, että tietä kykenee ajamaan joka säällä; pienet keinahduksellut eivät paljoa sureta. Esim. Keski-Euroopan asteikot lienevät paljon tiukempia.



Vid fastläggande av väghållningsstandarden bör väghållarkostnad samt kostnad för miljö, olyckor och transportuppföring beaktas, varvid nedan angivna intervall kan begränsas.

Värden för spårdjup och ojämnheter avser situationen april - november vid otjälade förhållanden.

Vid jämförelse av tillstånd mot standard bör mätningar ha utförts i den omfattning som krävs för att redovisningen skall vara statistiskt säkerställd. Detta innebär också, att urvalet bör ha gjorts på ett representativt sätt.

**Tabell III:1-6** Södra Sverige, spårdjupsfördelning, vägnät med  $\text{ÅDT}_t < 4\,000$ , standardklass C - F: Minimi- och maximivärden för percentilvärden. (Medelvärden över 20m-sträckor, mm)

Percentil ( $P_N$ )	Standardklass					
	C	D	E1	E2	F1	F2
P <sub>98</sub>	14,75-17,25	14,75-17,75	14,75-18,25	14,75-19,00	15,50-20,50	15,50-26,00
P <sub>90</sub>	8,00-10,00	8,00-10,20	8,00-10,40	8,00-10,75	8,50-12,50	8,50-17,50
P <sub>75</sub>	5,60-6,60	5,60-6,70	5,60-6,80	5,60-8,90	5,70-8,30	5,70-9,80
P <sub>50</sub>	4,40-4,90	4,40-4,95	4,40-5,00	4,40-5,05	4,75-6,00	4,75-6,65
P <sub>10</sub>	1,75-2,25	1,75-2,25	1,75-2,25	1,75-2,25	1,75-2,25	1,75-2,25

**Tabell III:1-7** Södra Sverige, ojämnhetsfördelning, vägnät med  $\text{ÅDT}_t < 4\,000$ , standardklass C - F: Minimi- och maximivärden för percentilvärden. (IRI, medelvärden över 20m-sträckor, mm/m)

Percentil ( $P_N$ )	Standardklass					
	C	D	E1	E2	F1	F2
P <sub>98</sub>	4,05-4,55	4,50-5,10	4,85-5,55	4,85-6,00	5,40-6,40	5,40-7,30
P <sub>90</sub>	3,20-3,60	3,45-3,95	3,70-4,30	3,70-4,50	4,40-5,10	4,40-5,90
P <sub>75</sub>	2,00-2,30	2,35-2,70	2,55-2,95	2,55-3,15	3,25-3,75	3,25-3,90
P <sub>50</sub>	1,55-1,65	1,70-1,80	1,80-2,00	1,80-2,10	2,20-2,45	2,20-2,55
P <sub>10</sub>	1,05-1,15	1,10-1,20	1,10-1,30	1,10-1,30	1,25-1,45	1,25-1,45

**Tabell III:1-8** *Mellersta Sverige, spårdjupsfördelning, vägnät med  $\text{ÅDT}_t < 4\,000$ , standardklass C - F: Minimi- och maximivärden för percentilvärden. (Medelvärden över 20m-sträckor, mm)*

Percentil ( $P_N$ )	Standardklass					
	C	D	E1	E2	F1	F2
P <sub>98</sub>	14,75-17,25	15,00-18,00	5,25-18,75	15,25-19,75	15,75-22,35	15,75-28,50
P <sub>90</sub>	9,00-11,00	9,00-11,20	9,50-11,90	9,50-12,30	10,00-14,30	10,00-19,60
P <sub>75</sub>	6,40-7,40	6,40-7,50	6,70-7,90	6,70-8,10	7,25-9,55	7,25-11,15
P <sub>50</sub>	5,00-5,50	5,00-5,55	5,00-5,70	5,00-5,80	5,25-6,60	5,40-7,50
P <sub>10</sub>	1,75-2,25	1,75-2,25	1,75-2,25	1,75-2,25	1,75-2,25	2,25-2,75

**Tabell III:1-9** *Mellersta Sverige, ojämnhetsfördelning, vägnät med  $\text{ÅDT}_t < 4\,000$ , standardklass C - F: Minimi- och maximivärden för percentilvärden. (IRI, medelvärden över 20m-sträckor, mm/m)*

Percentil ( $P_N$ )	Standardklass					
	C	D	E1	E2	F1	F2
P <sub>98</sub>	4,25-4,75	4,70-5,30	5,15-5,75	5,15-6,20	5,60-6,70	5,60-7,60
P <sub>90</sub>	3,40-3,80	3,65-4,15	3,90-4,50	3,90-4,80	4,55-5,35	4,55-5,90
P <sub>75</sub>	2,30-2,60	2,60-3,00	2,80-3,25	2,80-3,45	3,40-3,95	3,40-4,30
P <sub>50</sub>	1,65-1,80	1,80-1,95	1,90-2,10	1,90-2,20	2,35-2,60	2,35-2,85
P <sub>10</sub>	1,10-1,20	1,15-1,25	1,20-1,30	1,20-1,40	1,30-1,50	1,30-1,60

*Taulukko 22. Rakennettujen ja perusparannettujen teiden epätasaisuuksien raja-arvot IRI-epätasaisuuslukuina, kun 50 % vanhan epätasaisuuslukurajan mukaisista tie-osuuksista tulee virheellisesti hylättyä raja-arvojen kohdalla.*

Tien luokka      Sallittu epätasaisuus IRI, mm/m  
tavoitetaso      alin hyv. taso

Moottoritie	1.6	2.2
Valta- ja kantatiet	1.7	2.8
Seud.tiet	2.3	3.5
Kokoojatiet	2.9	4.0
Yhdystiet	3.1	4.3

*Taulukko 24. Rakennettujen ja perusparannettujen teiden tasaisuusvaatimusrajojen kalibrointi IRI -epätasaisuusluvuiksi.*

Tien luokka	Sallittu epätasaisuus				Sallittu yks. epätasaisuus	
	Laser	IRI	Laser	IRI	m/s2	
	cm/km	mm/m	cm/km	mm/m	Tav. taso	Alin hyv. taso
Moottoritiet	80	1.4	125	2.0	4	5
120 km/h						
Valta- ja kantatiet	90	1.6	170	2.5	4	5
100 km/h						
Seudulliset tiet	135	2.1	230	3.2	5	6
80 km/h						
Kokoojatiet	180	2.6	280	3.7	6	7
70 km/h						
Yhdystiet	200	2.9	300	3.9	6	7
60 km/h						





## Taulukko 6. Hämeen piirin tasaisuusrajat IRI:lle [8].

## Moottoritiet

arvosana	IRI mm/m
1	> 3,0
2	2,1 - 3,0
3	1,6 - 2,0
4	1,2 - 1,5
5	< 1,2

## Päätiet (valta+kantatiet)

arvosana	
1	> 3,5
2	2,5 - 3,5
3	1,9 - 2,4
4	1,4 - 1,8
5	< 1,4

## Seudulliset

arvosana	
1	> 4,5
2	3,3 - 4,5
3	2,5 - 3,2
4	1,8 - 2,4
5	< 1,8

## Muut tiet (kokooja- ja yhdystiet, nopeusrajoitus ≤ 60 km/h)

arvosana	
1	> 5,5
2	3,9 - 5,5
3	2,9 - 3,8
4	2,2 - 2,8
5	< 2,2

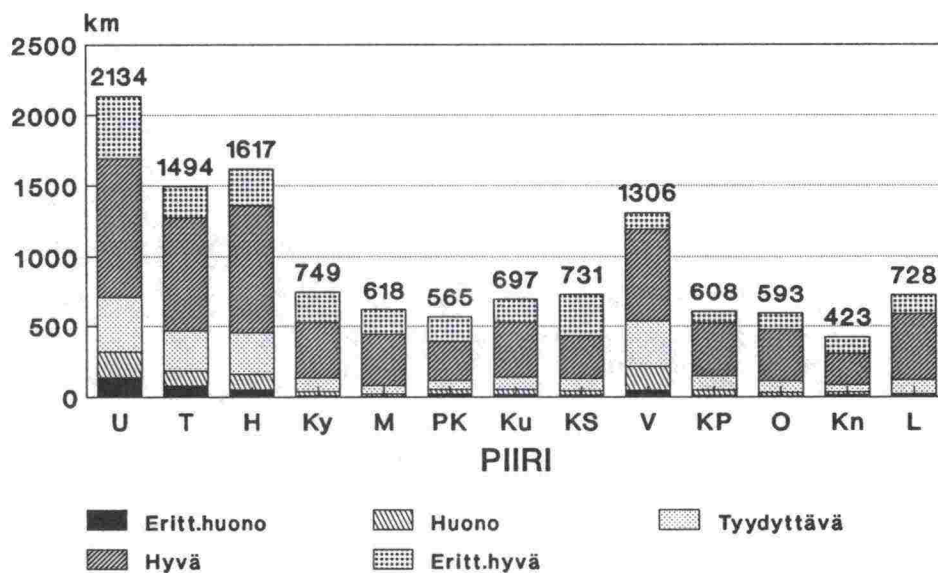
Tiejaksoille, joissa on nopeusrajoitus 60 km/H tai alle, käytetään "Muut tiet"-luokan rajoja.

Moottoritieksi on tässä katsottu ne kaksiajorataiset tiet, joiden nopeusrajoitus on 100 km/H tai suurempi.

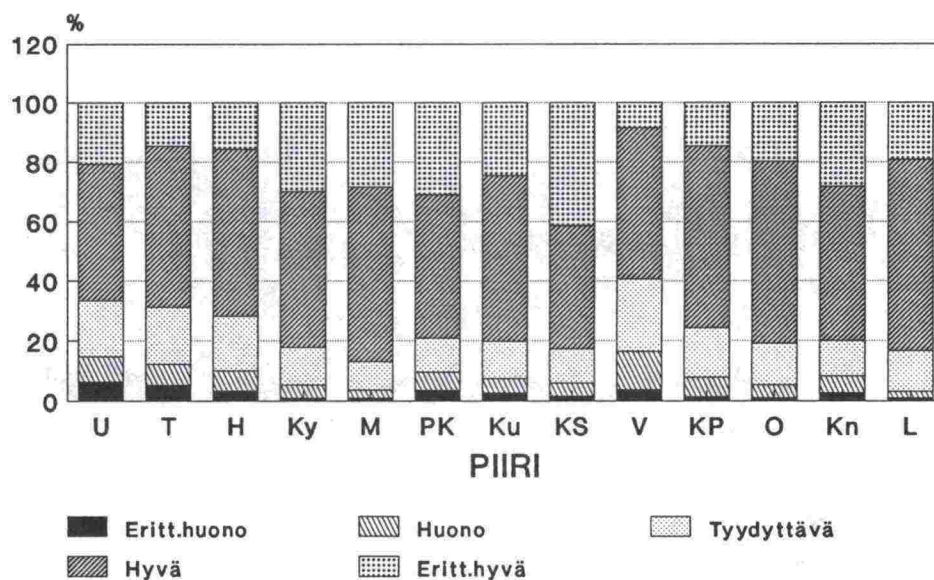
Hämeen piirissä vuonna 1990 suoritettun ajopaneelin perustella ehdotettiin tieluokkakokohtaisiksi tasaisuusrajoiksi seuraava luokitus:

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| 1. Erittäin huono tasaisuus | (korjattava)                                      |
| 2. Välttävä "               | (pyritään korjaamaan mikäli rahoitus on riittävä) |
| 3. Tyydyttävä "             |   |
| 4. Hyvä "                   |   |
| 5. Erittäin hyvä "          | (vaaditaan uudelta rakennetulta tieltä)           |

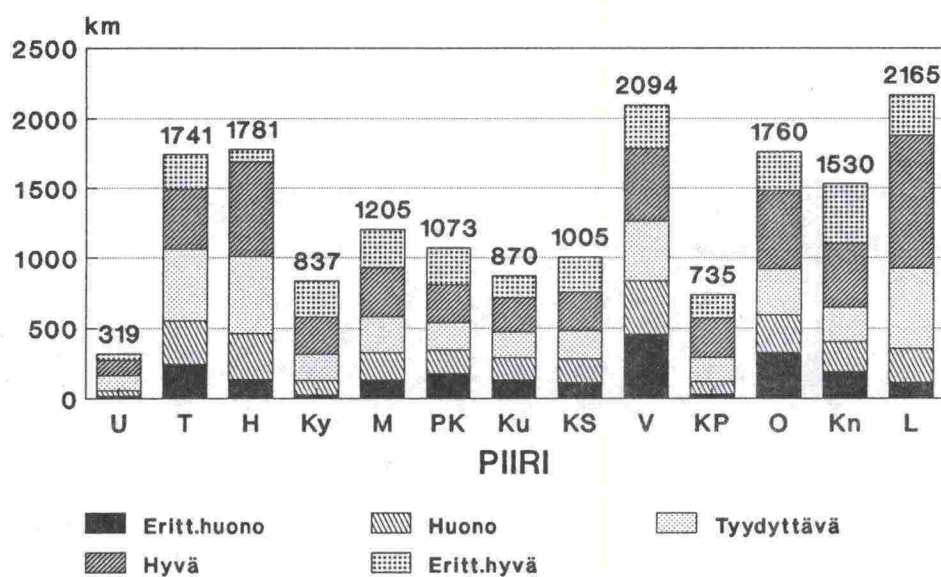
## AB-TIESTÖN KUNTOJAKAUMA PIIREITTÄIN (Tasaisuus+vauriot) vuonna 1990



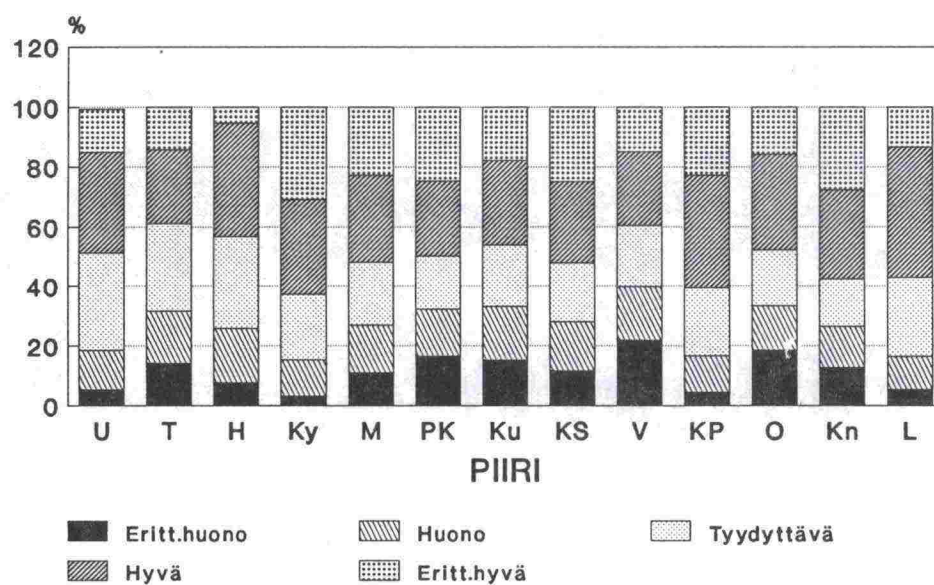
## AB-TIESTÖN KUNTOJAKAUMA PIIREITTÄIN (Tasaisuus+vauriot) vuonna 1990



# ÖS-TIESTÖN KUNTOJAKAUMA PIIREITTÄIN (Tasaisuus+vauriot) vuonna 1990



# ÖS-TIESTÖN KUNTOJAKAUMA PIIREITTÄIN (Tasaisuus+vauriot) vuonna 1990





## TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 11/1992 REA-menetelmä; työnsuunnittelu- ja valvontamenettely. TIEL 3200067
- 12/1992 Moottoriliikennetien liikennevirran ominaisuudet. TIEL 3200068
- 13/1992 Aloitetoiminta johtamisen ja kehittämisen apuna; kirjallisuuskatsaus ja pohdinta tielaitoksen näkökulmasta. TIEL 3200069
- 14/1992 Tielaitoksen tukikohtaverkko. TIEL 3200070
- 15/1992 Pricing of Traffic Noise and Exhaust Gases in Road Planning. TIEL 3200071E
- 16/1992 Prissättning av avgaser och buller vid vägplanering. TIEL 3200072R
- 17/1992 Tienpitokoneisiin liittyvät keksinnöt. TIEL 3200073
- 18/1992 Tietullien tekniset järjestelmät. TIEL 3200074
- 19/1992 Mätning av underhållets resultat. TIEL 3200075R
- 20/1992 1980-luvulla toteutettuja taajamateitä; taajamakuva- ja toimivuustarkastelu. TIEL 3200076
- 21/1992 The Effects of Motorways on the National Economy. TIEL 3200077E
- 22/1992 Quality Requirements of Prefabricated Strip Drains; Quality Control and Test Methods. TIEL 3200057E
- 23/1992 Sairaalahoittoa vaatineet loukkaantumiset liikennealueilla Suomessa vuonna 1989. TIEL 3200078
- 24/1992 Liikenne ja maankäyttö, esiselvitys. TIEL 3200079
- 25/1992 Liikenteen profiili. TIEL 3200080
- 26/1992 Tiehankkeiden yhteiskuntataloudellisen vaikutukset. TIEL 3200081
- 27/1992 Yleisten teiden liikennemelu, otantaselvitys, TIEL 3200082
- 28/1992 Tien suuntauksen suunnittelu. TIEL 3200083
- 29/1992 Onnettomuudet pääteiden tasoliittymissä. TIEL 3200084
- 30/1992 Jätkäkynttilä. TIEL 3200085
- 31/1992 Pohjaveden maatiivistesuojan tiivistäminen. TIEL 3200086
- 32/1992 Talvikunnossapidon sääindeksi. Tuotannon kehittämispalvelut
- 33/1992 Tieverkon kehittämishankkeiden hallinnointi: Projektioorganisaatiot, loppu-raportti. TIEL 3200087
- 34/1992 Tienvarsialueiden kasvittamisen ja hoidon kehittäminen luonnonmukaisempaan suuntaan. TIEL 3200088
- 35/1992 Päälystetyn tien kuntoennusteet. TIEL 3200089